

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1908

THÈSE

N°

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

Présentée et soutenue le mercredi 20 mai 1908, à 1 heure

Par André MAGITOT

Ancien Interne des Hôpitaux de Paris

Contribution à l'étude

DE LA

CIRCULATION ARTÉRIELLE ET LYMPHATIQUE

DU

NERF OPTIQUE ET DU CHIASMA

Président : M. RECLUS, professeur.

*Juges : { MM. PINARD et SEGOND, professeurs.
MULON, agrégé.*

PARIS

VIGOT FRÈRES, ÉDITEURS

23, PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, 23

1908

228

THÈSE
POUR
LE DOCTORAT EN MÉDECINE

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1908

THÈSE

N°

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

Présentée et soutenue le mercredi 20 mai 1908, à 1 heure

Par **André MAGITOT**

Ancien Interne des Hôpitaux de Paris

Contribution à l'étude

DE LA

CIRCULATION ARTÉRIELLE ET LYMPHATIQUE

DU

NERF OPTIQUE ET DU CHIASMA

Président : M. RECLUS, professeur.

*Juges : { MM. PINARD et SEGOND, professeurs.
MULON, agrégé.*



PARIS

VIGOT FRÈRES, ÉDITEURS

23, PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, 23

1908

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Doyen.	M. LANDOUZY.
Professeurs	MM.
Anatomie	NICOLAS.
Physiologie	CH. RICHET.
Physique médicale	GARIEL.
Chimie organique et chimie générale	GAUTIER.
Parasitologie et Histoire naturelle médicale	BLANCHARD.
Pathologie et thérapeutique générales	BOUCHARD.
Pathologie médicale	DEJERINE.
Pathologie chirurgicale	BRISSAUD.
Anatomie pathologique	LANNELONGUE.
Histologie	PIERRE MARIE.
Opérations et appareils	PRENANT.
Pharmacologie et matière médicale	QUENU.
Thérapeutique	POUCHET.
Hygiène	GILBERT.
Médecine légale	CHANTEMESSE.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	THOINOT.
Pathologie expérimentale et comparée	G. BALLET.
	ROGER.
	HAYEM.
Clinique médicale	DIEULAFOY.
	DEBOVE.
	LANDOUZY.
	HUTINEL.
Maladies des enfants	JOFFROY.
Clinique de pathologie mentale et des maladies de l'encéphale	GAUCHER.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	RAYMOND.
Clinique des maladies du système nerveux	LE DENTU.
Clinique chirurgicale	BERGER.
	RECLUS.
	SEGOND.
Clinique ophtalmologique	DE LAPPERSONNE.
Clinique des maladies des voies urinaires	ALBARRAN.
	PINARD.
Clinique d'accouchements	BAR.
	RIBEMONT-DES-SAIGNES.
Clinique gynécologique	POZZI.
Clinique chirurgicale infantile	KIRMISSON.
Clinique thérapeutique	A. ROBIN.

Agrégés en exercice.

MM.			
AUVRAY	CUNÉO	LAUNOIS	NOBECOURT
BALTHAZARD	DEMELIN	LECENE	OMBREDANNE
BRANCA	DESGREZ	LEGREY	POTOCKI
BEZANÇON (FERN.)	DUVAL (PIERRE)	LENORMANT	PROUST
BRINDÉAU	GOSSET	LOEPER	RENON
BROCA (ANDRÉ)	GOUGET	MACAIGNE	RICHAUD
BRUMPT	JEANNIN	MAILLARD	RIEFFEL (chef des trav. anat.)
CARNOT	JEANSELME	MARION	SICARD
CASTAIGNE	JOUSSET (ANDRÉ)	MORESTIN	ZIMMERN
CLAUDE	LABRE (MARCEL)	MULON	
COUVELAIRE	LANGLOIS	NICLOUX	

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'École a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A LA MÉMOIRE DE MON PÈRE

LE DOCTEUR E. MAGITOT

Membre de l'Académie de médecine
Président de la Société d'Anthropologie
Membre des Sociétés de chirurgie et de biologie, etc.

PREMIÈRE PARTIE

CIRCULATION ARTÉRIELLE

REMARQUES

Les artères du nerf optique qui proviennent des artères de la base du crâne semblent avoir été pour la première fois mentionnées par Haller (1), qui décrit à cette époque avec quelque précision, la carotide interne et ses branches. Il est tout à fait rare en effet de trouver concernant les voies optiques quelques renseignements dans les ouvrages de Casserius, Verlangius, Willis et Wieussens qui représentèrent cependant sur leurs planches les artères calleuses et communicantes.

A la même époque qu'Haller, paraissait cependant le bel ouvrage de Vicq d'Azyr qui montra avec une grande finesse les artères du chiasma, de la tige pituitaire, des tubercules mamillaires et les surperbes figures de son *Anatomie* peuvent encore rivaliser avec celles des traités contemporains.

L'irrigation intracrânienne des voies optiques périphériques fut plus tard étudiée accessoirement par Duret dans son remarquable travail de 1874. Bien que peu

1. Haller. *Icon. anatomicarum*, tab. I, fasc. XI, 1789.

2. Vicq d'Azyr. *Traité d'anatomie et de phys.* Paris, 1789.

3. Duret. *Archives de physiologie*, 1874.

CHAPITRE PREMIER

Technique

Pour réaliser nos injections, nous avons cherché autant que possible à nous servir de masses très pénétrantes, fixables, et tout en ayant un pouvoir colorant très grand, non diffusibles. Il importait enfin que cette substance ne durcisse pas afin de se laisser facilement couper par le microtome.

Pour les artères d'organes comme le nerf optique, la question était en effet double. D'une part il fallait pouvoir examiner les pièces macroscopiquement afin de déterminer l'origine des vaisseaux et leur mode de ramification dans la pie-mère. Il fallait en outre pouvoir débiter les nerfs en séries de minceur moyenne afin de rechercher le mode de ramification des arborisations vasculaires dans le tronc nerveux.

Nous avons rapidement délaissé la masse de Teichmann employée couramment dans les laboratoires d'anatomie comme insuffisamment pénétrante, et nous nous sommes adressés à la méthode consistant à écraser et diluer de la cire à cacheter dans l'éther. Ce moyen peut fournir de très jolies pièces de démonstration,

malheureusement cette masse ne franchit pas bien les capillaires et abîme les rasoirs.

Après avoir tenté quelques essais avec des solutions aqueuses de farine, nous avons réalisé presque toutes nos injections avec le Gerota (1) non tel qu'il sert pour les lymphatiques, mais en augmentant de plus de moitié sa teneur en thérébentine.

Les matières colorantes que nous utilisâmes d'abord furent le cinabre et le noir de bougie. Malheureusement, le cinabre n'a pas un pouvoir tinctorial suffisant et les fins capillaires des coupes microscopiques ne sont pas perçus. Le noir a l'inconvénient de paraître sous l'objectif insuffisamment différencié de la teinte sombre des noyaux cellulaires, et, c'est finalement au bleu de Prusse que nous nous adressâmes de nouveau, et son emploi nous fournit d'excellents résultats, puisque les plus fins capillaires purent être ainsi repérés et suivis.

Nos expériences ont porté sur huit cadavres d'enfants nouveau-nés et sur deux d'adultes. Sur ces derniers, qu'il est impossible de se procurer avant quarante-huit heures après la mort à la Faculté de Médecine de Paris, les résultats ont été fort mauvais. Les vaisseaux du globe oculaire étaient bien injectés, mais dans le tronc optique, sauf l'artère centrale et quelques-unes de ses branches rien n'était visible. Il faut évidemment faire la part de la maladie dont est mort le sujet, de son âge et de son état de conservation, car dans les

1. Pour la formule du Gerota, voir la 2^e partie de ce travail à propos des lymphatiques du nerf optique.

injections fines il n'est pas question d'injecter, comme moyen préliminaire, dans le système artériel autre chose que de l'eau pour préparer la voie et chasser les caillots.

Bien qu'il fût désirable pour un tel travail d'avoir des corps d'enfants de 5 à 10 ans, morts tout récemment d'une maladie chirurgicale, devant la difficulté éprouvée à obtenir de tels sujets, nous nous sommes servis de cadavres de nouveau-nés. L'état de fraîcheur de ces derniers peut être plus parfaitement obtenue, et, de plus, l'état de congestion intense de quelques-uns au moment de la mort est une circonstance favorable au passage du liquide dans les réseaux les plus fins.

L'instrumentation que nous avons employée ne présentait rien de particulier. Nous nous sommes servis d'une seringue en verre à ailettes d'une contenance de 20 centimètres cubes environ. Les canules étaient des pointes métalliques mousses et fines, de petite taille comme celles dont on se sert dans les laboratoires de physiologie pour injecter dans le système veineux des chiens la chloralose destinée à produire l'anesthésie.

Comme il sied toujours quand on use des liquides à base d'éther, nous avons également pendant une demi-heure avant d'opérer, placé les têtes dans l'eau chaude. Cet artifice favorise beaucoup la progression de la masse.

Enfin nous avons toujours poussé ces injections par la carotide interne après ligature de celle du côté opposé. Par ce moyen, toutes les régions encéphaliques s'injectent, et on voit bientôt le visage devenir bleu par réplétion du système sus et sous-orbitaire, et de ses anas-

tomoses avec les artères de la face. Quoi qu'on fasse cependant, il est impossible d'éviter le retour de l'injection par le système rachidien. Il se perd ainsi une grande quantité de liquide. Souvent en effet nous avons pu par cette voie si détournée remplir non seulement les artères mais les capillaires cutanés des membres inférieurs et supérieurs. Le volume de la masse à injecter est donc assez considérable ; il varie pour chaque individu, mais sur des petits cadavres de cette sorte il faut toujours près de 150 centimètres cubes. Le point important est de continuer l'opération jusqu'au retour du liquide par les jugulaires. Ce fait ne prouve en rien du reste que le système capillaire du nerf optique soit injecté, car le plus grand hasard préside à la réplétion de ce réseau. Il est cependant curieux de constater que malgré les volumineuses anastomoses existant entre les deux carotides internes, surtout dans la région des artères optiques, c'est incontestablement seulement sur le nerf du côté injecté qu'on a quelques chances de réussir. Ce fait semble donc justifier la ligature de la carotide interne dans les cas d'une blessure de l'ophtalmique ou d'hémorragies profuses du vitré.

Aussitôt après l'injection, la calotte crânienne était fendue et, la tête détachée, était portée dans un cristalliseur contenant une solution forte de formol à 20 0/0 où elle restait près d'une semaine. Au bout de ce temps la matière cérébrale étant suffisamment résistante pour subir l'examen, les pièces étaient étudiées et consécutivement incluses dans la celloïdine, prêtes à être débitées en coupes.

CHAPITRE II

Artères du nerf optique du chiasma et des bandelettes

Le nerf optique comme émanation du thalamencéphale devait à son origine encéphalique de posséder une distribution vasculaire modelée sur celle du cerveau. La ressemblance est donc grande quoique non parfaite, car il n'y a ici ni substance grise, ni couches de cellules pyramidales.

Nerf optique, chiasma et bandelettes sont recouverts par la pie-mère identique à celle du crâne, c'est-à-dire réduite à « l'Intima ». Seules, les faces du chiasma et celles des bandelettes adhérentes à la base du cerveau en sont dépourvues. Comme pour les circonvolutions, les artères destinées aux voies optiques inférieures ne se rencontrent pas dès leur origine pour pénétrer dans la substance nerveuse à laquelle elles sont cependant destinées. Elles aboutissent à un réseau pial extrêmement riche et très ténu qui étale ses mailles jusqu'au niveau de l'insertion bulbaire du nerf optique. Cependant malgré son identité, ce réseau est un peu différent pour

le nerf intra-orbitaire et le nerf intra-cranien. Situées au niveau du chiasma sur la face externe de la pie-mère où elles sont maintenues par des lamelles du tissu sous arachnoïdien, les artérioles pénètrent davantage la tunique fibreuse au niveau des nerfs optiques proprement dits. Cette disposition s'accroît encore dans la zone intra-orbitaire du nerf, si bien que sur une coupe transversale de cette région on voit les vaisseaux franchement contenus entre les faisceaux de la pie-mère dont la face externe reçoit l'insertion des si fortes colonnettes conjonctives d'origine durale.

Les mailles du réseau optique étant donné le faible volume de l'organe peuvent paraître au premier abord constitué par des vaisseaux d'égal volume. Il n'en est rien cependant. Comme pour les circonvolutions il y a là, en quelque sorte, deux réseaux, l'un inscrit dans l'autre. Le plus grand possède des mailles formées par les artérioles d'assez grosses dimensions, le second est constitué par les ramifications du premier. Ces dernières branches peuvent être si fines et si ténues qu'il faut avoir recours à une forte loupe pour les voir.

Toute la portion intra-cranienne du réseau optique est alimentée par de nombreuses artères différentes selon son orientation. Il est indubitable que les ramifications de ce réseau communiquent entre elles, par fusion bout à bout d'artérioles de sources différentes. Nous verrons cependant que s'il en est ainsi extérieurement, il semble en être tout autrement dans l'intérieur du nerf.

Au niveau du trou optique, le tronc nerveux reçoit comme enveloppe supplémentaire la gaine durale qui

ira s'insérer sur la sclérotique. Comme son homologue au rachis et au crâne cette tunique possède relativement peu de vaisseaux. Aussi, lorsqu'on se borne à examiner un nerf dans sa portion orbitaire peut-on croire à un insuccès absolu de l'injection. Il suffit alors de fendre la membrane dans sa longueur et de l'écarter pour se convaincre que sous son épaisseur protectrice la pie-mère possède une très riche vascularisation. Lorsqu'on a procédé à cette opération en même temps qu'on a dégagé la portion resserrée du nerf qui traverse le conduit osseux on peut également se rendre compte que ce réseau, si riche dans le crâne et dans l'orbite, est réduit là à un minimum. Les canalicules artériels sont d'une finesse extrême comme si les adhérences de la dure-mère (qui joue le rôle de périoste) y avaient déterminé une pression. Pourtant cette compression n'est qu'apparente puisqu'à cet endroit existe fréquemment un confluent veineux se jetant dans un tronc principal décrit par Kuhnt et destiné au sinus caverneux.

Quoi qu'il en soit, ce réseau de la pie-mère vasculaire ne joue qu'un rôle de réservoir destiné à répartir équitablement le sang. Lui-même est alimenté par des branches plus fortes, émanées directement des grosses artères de la base. L'irrigation des voies optiques inférieure n'est, en effet, qu'un épisode de l'histoire de la carotide interne, dont le territoire extraordinairement vaste englobe tout le cerveau. L'œil et son nerf n'échappent pas à cette loi puisqu'ils sont tous deux une émanation du thalamencéphale ayant entraîné avec elle des vaisseaux.

Cette extériorisation de l'organe visuel explique donc pourquoi les artères chiasmatiques sont courtes et les artères du globe très longues. Ce sont ces vaisseaux que nous allons maintenant décrire.

CHAPITRE III

Artères du chiasma

Nous ne nous arrêterons pas à décrire la configuration du chiasma optique. Bornons-nous à rappeler qu'il est aplati de haut en bas, en contact intime par sa face supérieure avec la portion antérieure du corps calleux et les racines des lobes olfactifs, tandis que sa face inférieure, comme l'a déjà fait remarquer depuis longtemps Panas, est écartée du sphénoïde d'au moins un demi-centimètre. Outre ces deux faces qui sont les parties larges de l'organe, le chiasma possède un bord postérieur adhérent à la base du cerveau, prolongement inférieur du troisième ventricule, un bord antérieur angulaire situé dans l'écartement des deux nerfs optiques, et enfin deux bords latéraux à concavité externe très prononcée. Les gros troncs qui vont fournir les artères chiasmiques sont à proximité. La carotide interne sortie du sinus caverneux longe son bord externe, puis émet presque aussitôt la cérébrale antérieure qui, continuant la direction ascensionnelle du tronc mère, contourne les bords latéraux, et, dès lors, en rapport avec la face supérieure du chiasma, s'en va à la rencontre de son

homologue du côté opposé s'unissant à elle par la communicante antérieure.

Rappelons encore que la face inférieure du chiasma se trouve latéralement en contact avec la communicante postérieure qui va contribuer à former le cercle artériel de Willis, et nous avons dès lors le cadre de vascularisation de cette région optique.

La face supérieure du chiasma est irriguée par des branches provenant des deux cérébrales antérieures, et, malgré des différences individuelles toujours possibles en matière de vascularisations particulièrement lorsqu'il s'agit d'organes de faible volume, il nous a paru qu'il y avait un type général presque constant.

Les artères de cette face sont au nombre de quatre principales, naissant par paires de chaque cérébrale antérieure. Ces vaisseaux se dirigent en bas et en avant situés à leur origine à 4 ou 7 millimètres au-dessus de cette face supérieure, et très rapidement prennent contact. Ils émettent alors aussitôt des collatérales en dehors et en dedans, qui, se ramifiant, vont à la rencontre l'une de l'autre et contribuent à former le réseau pie-mérien de cette région. Pendant ce temps, les troncs originels continuent à descendre et atteignent la racine des nerfs optiques. De ces deux branches d'un certain volume, la plus externe est certainement la plus considérable. Arrivée sur la face supérieure des troncs nerveux, elle continue son chemin en gagnant peu à peu le bord interne du nerf. Elle y parvient au moment où il disparaît dans le trou optique. L'autre branche, la plus interne, arrive rapidement sur le bord antérieur,

du chiasma, le contourne et se résoud en branchioles terminales qui alimentent le réseau inférieur.

Ces quatre artères, deux à droite et deux à gauche, sont le plus souvent accompagnées d'artérioles plus fines provenant, soit de la communicante antérieure lorsque celle-ci est assez longue, soit des cérébrales antérieures lorsque cette anastomose transversale est réduite à sa plus simple expression. Parfois enfin ces petits vaisseaux augmentent de nombre et on a, non plus quatre artères supérieures mais six ou sept. Ceci est au détriment des quatre premières qui, malgré tout, représentent le type normal.

Du côté adhérent du chiasma, c'est-à-dire sur le troisième ventricule, il existe également quelques branches plus fines qui, elles aussi, se détachent des cérébrales antérieures mais en arrière des artères que nous venons de décrire. Pour voir ces petits rameaux, il faut attirer les cérébrales antérieures en avant. On perçoit alors un nombre variable d'artérioles se détachant de la face postérieure de ces deux gros troncs. Ces vaisseaux, très inconstants dans leur origine, peuvent aussi provenir des quatre artères de la face supérieure du chiasma, et il arrive que leurs divisions pénètrent directement dans la substance de la base cérébrale au-dessus des lames sus-optiques.

Les bords latéraux du chiasma sur la concavité desquels s'applique la carotide interne sont irrigués par des artérioles au nombre de deux ou trois, nées séparément ou par un même tronc bi ou trifurqué. Leur trajet est court, leur destination étant toute proche.

Leurs branches terminales passent, les unes sur la face supérieure, les autres sur la face inférieure, concourant à la formation du réseau pie-mérien.

La face inférieure du chiasma, est d'autre part, par ses racines postérieures en contact avec la communicante postérieure, et la choroïdienne antérieure. Ce sont ces deux artères qui alimenteront cette face. Le tronc le plus important est issu le plus souvent de la communicante postérieure. Il aborde l'organe à la racine des bandelettes dirigé en dedans et en avant, passe sur la face inférieure chiasmatique non loin du bord postérieur et après avoir décrit une courbe, va s'anastomoser avec son homologue du côté opposé. Il abandonne un rameau assez gros, qui, traversant cette face inférieure, se dirige vers le bord antérieur. Ces deux branches se résolvent en une infinité de petites qui alimentent le réseau de la pie-mère. Cependant, bien que venant le plus ordinairement de la communicante postérieure le tronc commun de ces deux branches peut provenir directement de la carotide interne. Ce fait est soumis au développement du polygone de Willis qui peut être d'un débit extrêmement faible. Il est très fréquent aussi de lui voir une origine commune avec l'artère de la tige pituitaire qui descend vers l'hypophyse. Quant à la choroïdienne antérieure qui irrigue les bandelettes, elle n'alimente que les extrémités postérieures et inférieures du chiasma.

Le système capillaire interstitiel du chiasma est difficile à obtenir en entier et cela est d'autant plus à noter que le réseau pie-mérien macroscopique se remplit

facilement. Ici encore, c'est le côté de la carotide qui a reçu l'injection qui, seul, peut nous montrer des capillaires bien remplis. Par ailleurs, les artérioles seules, renferment de la couleur.

Sur une coupe transversale on constate un nombre assez grand de vaisseaux d'assez grosse taille qui ren traversent l'organe, et qui, pour la plupart, sont des veinules. Cet aspect s'accroît à mesure qu'on se rapproche de la racine des bandelettes, mais on est surtout frappé par l'aspect extrêmement onduleux de tout ce système vasculaire: artérioles, capillaires, veinules, tous sont plus ou moins tordus en tire-bouchons, condition évidemment due à la nécessité de contourner les fibres nerveuses par étages.

Au chiasma comme à la bandelette et au nerf optique les artérioles émanent de la pie-mère pénètrent rapidement dans la substance nerveuse. Les unes, longues et assez volumineuses, plongent directement vers le centre en émettant généralement des branches qui s'écartent presque toujours à angle droit du tronc originel. Finalement, et c'est là une règle presque générale, elles se terminent par deux rameaux, assez volumineux, bifurqués en T qui courent le long du système fibrillaire. Les autres, plus courtes, se divisent aussitôt leur pénétration en deux ou trois branches, très rarement davantage. Il s'ensuit là une sorte de trifurcation dont les deux dents latérales s'écartent perpendiculairement de la branche médiane. Cette dernière continue à descendre, émet encore par paires d'autres rameaux, qui vont presque toujours l'une dans un sens, l'autre dans

l'autre, et en dernière analyse s'épuise non loin de la surface en des branches extrêmement ténues.

Sur des coupes transversales, la direction des vaisseaux est variable. Il est cependant exceptionnel d'en voir d'une certaine longueur, presque tous étant coupés transversalement. Seul, le centre renferme quelques ramuscles un peu plus longs qui, sans doute, suivent les fibres croisées.

Les coupes horizontales, par contre, montrent bien la disposition du réseau capillaire. C'est ainsi qu'on voit les plus grosses artérioles pénétrer d'avant en arrière sur la face antérieure de l'organe, dans l'angle formé par l'origine des deux nerfs optiques. Il n'est pas rare de voir celles-ci traverser tout le chiasma pour se terminer dans les racines des bandelettes. Beaucoup plus courtes, au contraire, sont celles qui arrivent par les bords latéraux.

La différence de vascularisation du nerf optique et du chiasma se perçoit bien sur de telles coupes. Les mailles du réseau sont sur ce dernier beaucoup plus lâches et larges et il semble que la diminution considérable et brusque du tissu conjonctif en soit la principale cause. Enfin du côté des lames sus-optiques, il est à noter qu'aucun vaisseau ne pénètre normalement par le récessus, et la substance nerveuse de cette région est irriguée par les artérioles qui proviennent, soit de la face supérieure soit de l'inférieure.

CHAPITRE IV

Artères du nerf optique

La vascularisation du nerf optique, bien qu'elle soit en grande partie due à l'artère ophtalmique, ne lui est pas soumise entièrement et on doit faire une distinction entre la portion intra et extra-cranienne du nerf.

Dans le crâne, le trône optique a un territoire qui lui est commun avec le chiasma. Aplati comme lui, on peut lui décrire deux faces, l'une supérieure, l'autre inférieure, ayant chacune leur réseau péri-mérien alimenté par des artères assez volumineuses.

La face supérieure est fournie par quatre fortes branches paires et symétriques, qui naissent par deux troncs de chaque cérébrale antérieure et abordent directement le chiasma. Nous avons déjà dit, cependant, que ce sont les deux plus externes qui se prolongent sur la face supérieure des nerfs optiques. On les voit ainsi s'incliner peu à peu en dedans et venir s'épuiser autour de l'orifice interne du trou optique. Les rameaux qu'elles donnent sont les uns externes, les autres internes. Ce sont eux qui constituent les grosses mailles du réseau pial, s'anastomosant en arrière avec les terminaisons

des artérioles du chiasma et sur les côtés avec celles venues de la face inférieure du nerf qui débouchent sur les côtés.

La face inférieure du tronc optique, d'abord assez éloignée du sphénoïde tend à s'en rapprocher de plus en plus. Elle est longée sur son bord externe par l'artère ophtalmique. Il est cependant à noter qu'il est rare de voir cette grosse artère, pourtant spécialement destinée aux organes orbitaires, abandonner dans son trajet intra-cranien des rameaux pour un organe qu'elle contribuera pourtant ensuite à vasculariser. Cette face, en effet, est irriguée par une artériole principale qui provient directement de la carotide interne. Son volume est peu considérable. Elle se dirige de bas en haut et de dehors en dedans, aborde le nerf et se résoud presque aussitôt en branches terminales qui s'anastomosent par le réseau pie-mérien avec le territoire du chiasma, avec celui de la face supérieure du nerf et descendront, en devenant de plus en plus fins, vers le trou optique.

Bien que l'origine de ce vaisseau soit, en général, au tronc même de la carotide au-dessus de l'origine de l'ophtalmique, il arrive qu'il naît de la communicante postérieure. Elle peut aussi provenir, mais plus rarement, de l'origine de l'ophtalmique.

Ainsi vascularisé, le nerf optique atteint le trou osseux qui lui livre passage pour entrer dans l'orbite et devenir extra-cranien. A ce niveau, il se produit deux changements importants ; c'est d'une part, l'invagination de l'arachnoïde et de la dure-mère qui s'extériori-

FIGURE I. — Adulte.

Cette figure montre la carotide interne sectionnée au moment de sa terminaison et donnant en arrière la Communiquante postérieure, en dehors la Sylvienne et en avant la Cérébrale antérieure.

En arrière du côté droit on voit entre la Communiquante postérieure et la Sylvienne, la Choroïdienne qui est l'artère de la bandelette.

Du côté gauche on voit la Carotide émettre les branches destinées à la face inférieure du chiasma, et l'artère hypophyso-chiasmatique.

FIGURE II. — Enfant.

Cette figure montre l'irrigation du nerf optique et son réseau piémérien. Sur la face supérieure du chiasma se voient les artères venant des deux Cérébrales antérieures.

Dans l'orbite du côté droit la gaine durale a été conservée, mais l'artère ophtalmique est coupée au moment où elle surcroise le nerf.

Dans l'orbite gauche la gaine durale a été excisée et on voit le réseau pial renforcé par les artérioles plus grosses que l'on voit surgir surtout le long du bord externe du tronc optique.

L'ophtalmique est également sectionnée dans sa boucle au-dessus du nerf.

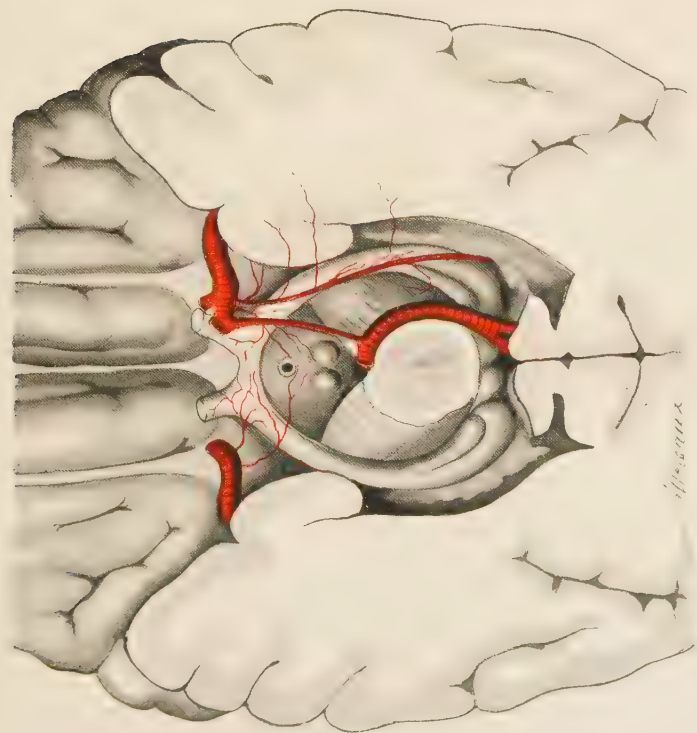


Fig. 1

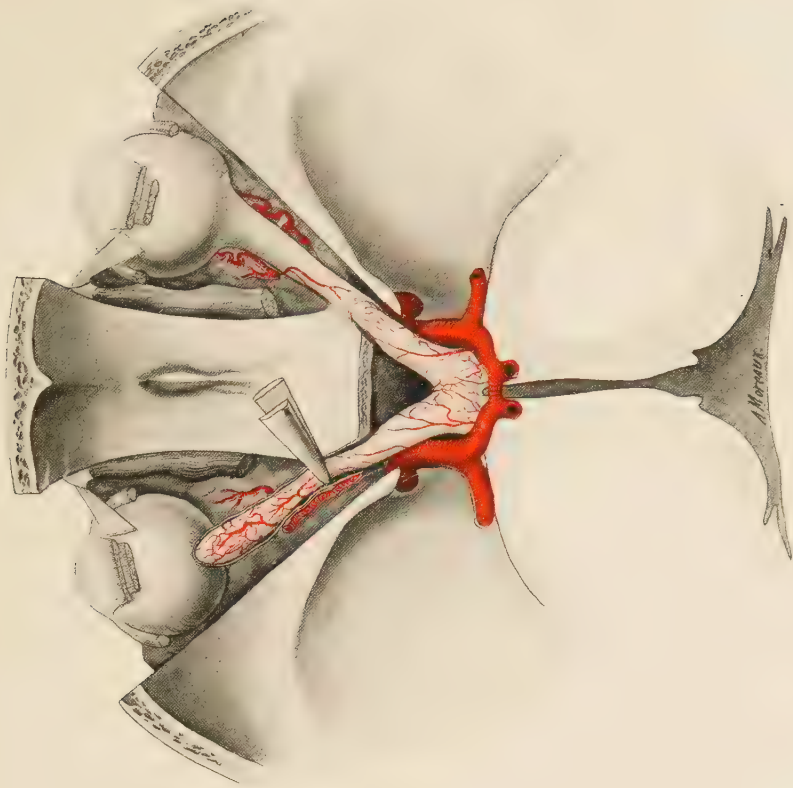


Fig. 2

sent toutes deux avec le nerf, d'autre part le contact intime qui a lieu avec l'artère ophtalmique.

Dans ce conduit osseux, le nerf est extrêmement serré. De plat qu'il était, il s'arrondit et se tasse. Les enveloppes lui adhèrent intimement et le fixent d'autant plus au trou cranien que la dure-mère, remplit encore, à cet endroit, le rôle de périoste. Par-dessus le tout viennent enfin s'ajouter les insertions de presque tous les muscles de l'œil et spécialement l'une des branches du tendon de Zinn.

Cet état de semi-compression du tronc optique paraît modifier la qualité de son réseau vasculaire. Les mailles qui le constituent sont d'une extrême finesse et il est rare d'arriver à le remplir même partiellement par les injections les plus pénétrantes. Enfin, il est généralement à cet endroit en contact avec l'artère ophtalmique qui, dans les cas normaux (1), occupe la région inféro-ex-

1. L'artère ophtalmique est soumise à des variations d'origine dont la plus importante est sa naissance d'une branche de la maxillaire interne, la méningée moyenne. Cette anomalie sur laquelle Tiedmann, Blandin, Dubrueil, Luschka, Cruveilhier, ont depuis longtemps attiré l'attention a été plus récemment discutée par Mayer (*Morphologisches Jahrbuch*, 1887, p. 435) qui l'a trouvée trois fois sur vingt dissections. Elle n'a pas toujours la même valeur. Tantôt l'artère provient par un seul tronc de méningée en passant par la fente sphénoïdale à côté de la veine, tantôt à cette origine vient s'ajouter une racine née de la carotide interne. On peut observer alors de multiples variétés, selon le volume de l'un ou de l'autre de ces vaisseaux, la racine méningée devenant, selon les cas, soit le tronc mère, soit une simple anastomose. A côté de cette anomalie fréquente on peut placer celle, extrêmement rare, où l'ophtalmique vient de la tempo-

terne du trou osseux (1). Cependant, ce vaisseau est situé dans le crâne sous la dure-mère, et est destiné dans l'orbite à devenir extra-dural. Il faudra donc qu'il perfore cette tunique fibreuse épaisse pour se libérer. Ce fait se produit dans le trou optique ou immédiatement après.

Mayer dit à ce sujet que la dure-mère est à cet endroit divisée en deux feuillets l'un servant de périoste, l'autre de chemise au nerf. Aussitôt l'orifice osseux traversé, ces deux lames fibreuses s'accoleraient de nouveau. L'artère ophtalmique ne perforerait d'abord que l'interne, donnerait l'artère centrale de la rétine et finalement deviendrait libre en traversant le feuillet externe (2). Cette assertion nous paraît inexacte. La dure-mère peut bien se diviser en deux lames, l'une enveloppe du nerf, l'autre périoste du trou optique se continuant avec le périoste orbitaire. Ces deux feuillets ne s'accolent pas de nouveau et il en est ici de même que pour le trou occipital, la gaine durale se dédoublant pour constituer d'une part le périoste intrarachidien, d'autre part la tunique externe de la moelle. Ce tissu fibreux qui englobe l'ophtalmique et fixe l'ar-

rale profonde antérieure à travers la fente sphéno-maxillaire. Ici encore il s'agit d'une des branches anormalement grosse de la maxillaire interne.

1. Il y a également eu des discussions pour savoir où passait exactement l'artère ophtalmique, les uns disent directement en dessous, les autres en dehors. Nous ne mentionnons que pour mémoire ces divergences de vue qui manquent d'intérêt.

2. Mayer. *Morphologisches Jahrbuch*, 1887, p. 456.

tère centrale de la rétine longtemps au nerf optique ainsi que nous le verrons plus loin, n'est autre chose, à notre avis, qu'une de ces nombreuses gaines vasculaires comme l'anatomie descriptive en a tant décrit et dont le type est la gaine des vaisseaux fémoraux.

Quoi qu'il en soit, l'artère ophtalmique sortie du crâne et située d'abord au-dessous du nerf, lui devient externe et finalement le surcroise se dirigeant vers la paroi interne de l'orbite. C'est dans ce trajet qu'elle va donner les principales branches qui nous intéressent particulièrement.

On admet classiquement que la première branche qu'elle émet est l'artère centrale de la rétine, laquelle intimement fixée à la gaine durale descendra quelque temps avant de plonger dans le tissu interstitiel du tronc optique. Nous lui consacrerons un paragraphe spécial. Puis, immédiatement après, viennent le tronc des ciliaires postérieures internes, la lacrymale et des artères musculaires.

Au cours de nos injections nous avons cependant pu nettement constater que l'artère centrale n'est pas la première émise. Elle est précédée par une artériole spécialement destinée à la dure-mère optique, et dont les dimensions, parfois assez considérables chez l'adulte sont le plus souvent si minimes que les auteurs la passent sous silence. Elle descend sur le flanc externe de l'optique et semble assez constante. Ses origines le sont un peu moins, car, tantôt elle naît d'une racine commune avec la centrale de la rétine, tantôt avec les ciliaires, tantôt avec des branches destinées aux muscles

supérieurs, mais toujours ce tronc est alors le premier en date.

Cette artériole n'est cependant pas la seule à irriguer la gaine externe du nerf optique (1). Le plus souvent on en voit une autre se détacher de l'ophtalmique au moment de son passage au-dessus du nerf. Celle-ci a un trajet récurrent, longe le bord supéro-interne et va se terminer autour du trou optique. Une troisième et une quatrième peuvent encore provenir de musculaires. Elles descendent vers l'œil mais ne l'atteignent pas. La plus grande variété peut exister touchant l'origine et l'existence de ces artérioles. Il est à remarquer que dans nos meilleures injections nous ne les avons jamais vues chez l'enfant. Sur deux crânes adultes nous avons pu en constater la présence quatre fois mais sauf pour la première, chacune avait une origine et même une situation différente. D'autre part, si on consulte la statistique des vingt dissections de Mayer sur des adultes on trouve treize fois, deux ou plusieurs artères dures, quatre fois ce rameau était simple, trois fois il n'était pas mentionné. Enfin sur les treize cas cités, six fois ces artérioles étaient au nombre de quatre.

La dure-mère qui engaine le nerf optique orbitaire, possède donc son irrigation spéciale et cela est dans la logique des choses. Remarquons seulement que si ses petits vaisseaux sont surtout superficiels, inconstants ou sujets à de multiples variations, c'est que la dure-mère

1. Hyrtl se borne à distinguer pour le nerf optique deux artères, une « vaginale » pour la dure-mère ; une « interstitielle » pour la pie-mère.

du nerf optique pas plus que celle que du cerveau ou de la moelle n'est une gaine vasculaire.

Si nous la fendons longitudinalement en écartant ses bords de chaque côté l'aspect change : alors apparaît la pie-mère et son riche réseau. Il existe même un contraste frappant dans l'examen des pièces injectées quand on compare la teinte anémique et blanche de la gaine durale avec le réseau si riche du feuillet en contact intime avec le tissu nerveux ! Sur celui-ci apparaît, en effet, tout un système artériel à mailles polygonales s'étendant depuis le trou optique jusqu'à l'insertion bulbaire. C'est la répétition de ce qui existe pour la portion intra-cranienne du nerf et pour le chiasma. Ce réseau est alimenté par cinq ou six petits troncs qu'on voit fort bien contourner la face latérale du nerf et cela de préférence dans sa portion moyenne et externe, à une distance de 3 à 4 millimètres l'une de l'autre. Elles serpentent sur la face supérieure, se divisent et se subdivisent, constituant les grosses mailles du système, et débordent sur la face interne. Pour arriver en contact avec la pie-mère, ces vaisseaux sont cependant dans l'obligation de traverser la gaine durale. Or, si leur existence est constante, leur origine est essentiellement variable. Elles proviennent en partie de l'artère centrale (pour une au moins) avant sa pénétration dans le tronc nerveux. Les autres sont fournies par les ciliaires postérieures. Sur nos dix injections dont huit sur les enfants, elles naissaient surtout des ciliaires externes. Tandis que ces artères multiples et sinueuses couraient le long du nerf accolé à lui par un tissu cellulo-fibreux

nous avons vu ces rameaux pie-mériens se détacher et pénétrer par en dessous dans la gaine durale.

Après un court trajet dans cette tunique épaisse, elles arrivaient sur la pie-mère suivant les colonnettes fibreuses tendues entre les deux gaines et traversaient l'arachnoïde.

Au niveau de l'insertion bulbaire du nerf optique, la disposition des artères devient assez particulière par suite de la présence du cercle de Zinn. Rappelons que cet anneau est constitué par des anastomoses unissant entre-elles les différentes ciliaires courtes postérieures externes et internes qui, au nombre de quatre à sept, pénètrent à ce moment dans la sclérotique au ras de l'insertion du nerf. De ce cercle, partent des branches, les unes descendantes destinées à la choroïde, les autres récurrentes destinées à la pie-mère du nerf optique, les autres, enfin, plongeant directement dans la profondeur. Nous retrouverons ces branches sur des coupes microscopiques en même temps que l'artère centrale de la rétine.

Voyons, en attendant, comment se comportent, dans l'intérieur du tronc nerveux, les branches émanées du réseau superficiel.

Les racines des nerfs optiques contiennent sur leurs faces internes de grosses artérioles qui proviennent de l'angle antérieur de bifurcation du chiasma, endroit où il existe de plus, un confluent veineux important. Les grandes mailles du réseau pie-mérien sont à ce niveau grosses et larges. Sur une coupe horizontale on voit certains des vaisseaux constituant ramper pendant quelque temps sur la membrane piale; de ceux-ci, s'écartent de

Nerf optique d'enfant nouveau-né.

Cette planche démontre l'extrême vascularisation du nerf optique, telle qu'elle apparaît lors d'une injection heureuse avec les masses à base d'éther. La pauvreté relative en vaisseaux de la lame criblée est à noter.



loin en loin des rameaux de dimensions variables qui, aussitôt leur naissance, plongent dans le tissu interstitiel du nerf.

Leur mode de ramification est presque toujours semblable. Parmi ces branches les unes sont longues et pénètrent directement jusqu'au centre des troncs nerveux. D'autres sont courtes et restent cantonnées à la périphérie. Toutes cependant ont à peu près le même mode de ramescence. Pénétrant perpendiculairement, elles donnent des collatérales horizontales, dirigées parallèlement entre des faisceaux de fibres, généralement au nombre de deux, l'une descendante, l'autre récurrente. Pendant ce temps la branche mère continue son chemin, émet d'autres collatérales et en dernière analyse se divise en T.

Cette manière de se comporter, évidemment commandée par la nature fibrillaire des nerfs, sera retrouvée dans toute la portion du nerf optique, du chiasma et des bandelettes. Près de l'angle chiasmatique, il paraîtrait d'après l'examen d'un certain nombre de coupes que les artérioles qui s'insinuent loin dans l'intérieur sont plus grosses que partout ailleurs. Nous en exceptons, bien entendu, l'artère centrale de la rétine qui n'existe que dans la région immédiatement rétro-bulbaire. Les branches descendantes et récurrentes sont volumineuses. Légèrement ondulées, on peut les suivre facilement très loin. Chemin faisant, elles donnent une infinité de collatérales qui permettent de bien se rendre compte du système complet de vascularisation. Aussitôt née, chacune se divise en T ; sur une des branches

FIGURE I

Coupe transversale d'un nerf optique d'enfant, montrant la localisation des vaisseaux dans les septa conjonctifs qui servent de points de pénétration. Il est à noter qu'au niveau de chaque intersection on trouve presque toujours un vaisseau coupé lui aussi transversalement alors que relativement, il y a peu d'artérioles pénétrant dans l'intérieur.

FIGURE II

Coupe transversale d'un nerf d'enfant, coloration au Van-Guison montrant la localisation des vaisseaux dans les travées conjonctives.

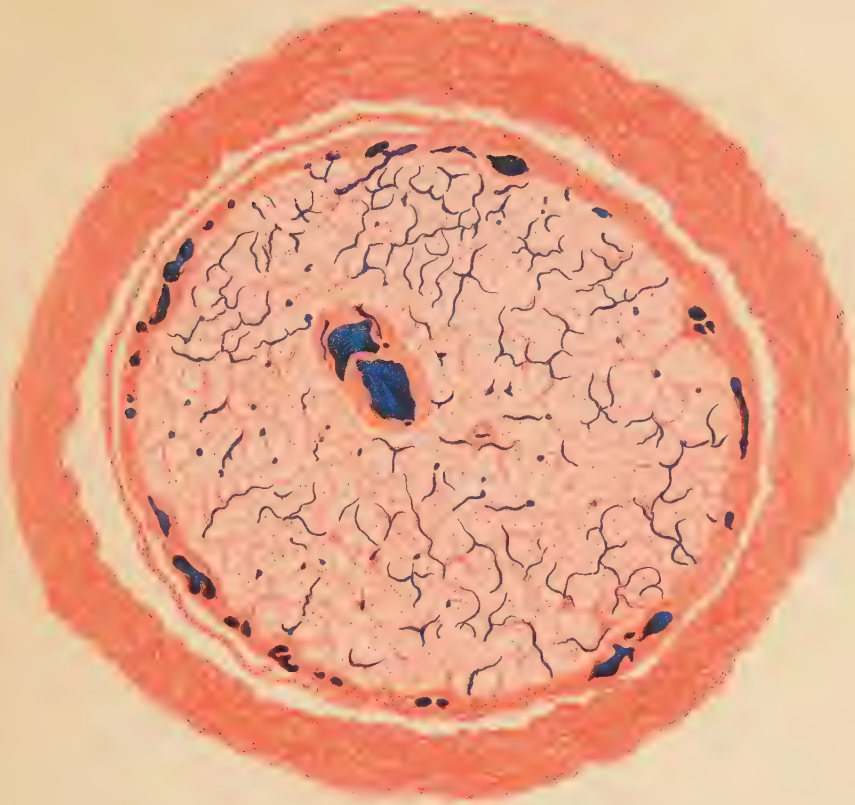


fig. 1

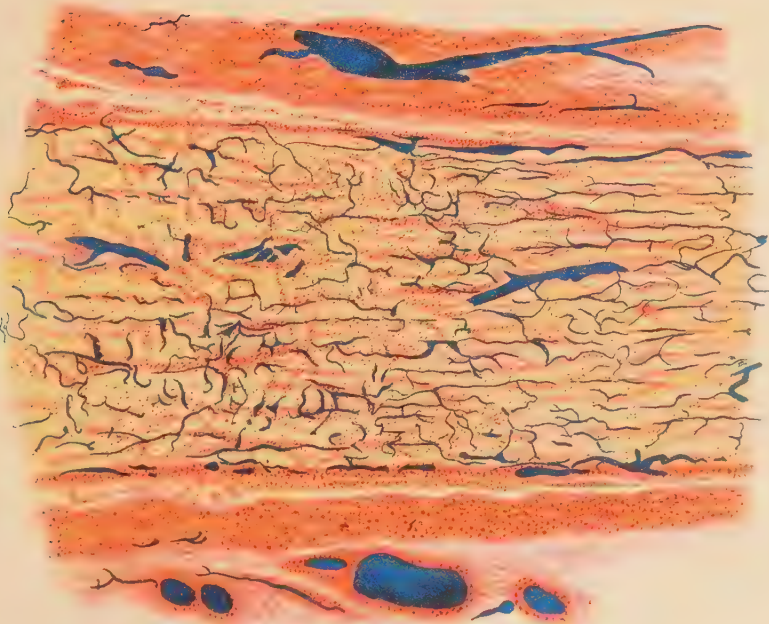


fig. 2

de ce T naissent d'autres ramuscules qui s'enfoncent perpendiculairement dans le tissu environnant et après un très court parcours se divisent de la même manière, et ainsi de suite jusqu'à capillarité infime. Il s'en suit une série d'échelons à branches parallèles entre elles que l'on perçoit bien lorsque les hasards de l'injection ont rempli un système de préférence à un autre. Si tous les capillaires sont injectés, ou se trouve en présence d'un réseau à première vue inextricable, l'un pénétrant l'autre, et où on ne peut distinguer que des figures étoilées.

Au niveau du trou optique, le réseau pie-mérien est réduit à sa plus simple expression, et constitué que par des vaisseaux très fins qui s'insinuent parmi les fibres conjonctives si résistantes qui unissent à cet endroit les membranes du nerf entre elles. Bien qu'on puisse toujours supposer un passage incomplet du liquide, même sur des nerfs fort bien injectés, il nous a semblé qu'il y avait là une sorte de territoire très peu vasculaire, où les fibres tireraient leurs canaux sanguins interstitiels soit du réseau provenant de l'intérieur du crâne soit de celui provenant de l'orbite.

Devenu extra-cranien, le nerf optique présente de nouveau un riche réseau qui serpente dans la pie-mère et qui est alimentée par de nombreuses grosses branches.

Le mode de pénétration des rameaux, ne diffère en rien de ce que nous avons dit précédemment. Sur toute la longueur du nerf c'est la même vascularisation aussi abondante et le tissu conjonctif du nerf optique

semble jouer un rôle capital dans cette répartition. Très serré dans le nerf, il entraîne avec lui des rameaux nombreux. Chaque grande trainée conjonctive longitudinale possède son vaisseau, chaque pont transversal possède le sien, si capillaires soit-il. Il s'en suit un système radiaire de pénétration et un système horizontal d'alimentation, ce dernier devenant de plus en plus fin vers la lame criblée.

CHAPITRE V

Artère centrale de la rétine.

Cette artère est considérée comme étant la principale source de vascularisation du nerf optique. Nous venons de voir qu'elle est loin d'être la seule. Cependant, on ne saurait pas plus nier son importance pour le nerf que son rôle de nutrition pour la rétine à laquelle elle semble spécialement destinée.

Elle naît, dit-on classiquement, de l'ophtalmique, tout près du trou optique, et seulement précédée par un petit rameau destiné à la dure-mère. Elle se trouve à ce moment par la situation même de son tronc d'origine sous la face inférieure du nerf. Elle s'incline un peu en dedans, et bientôt disparaît dans la gaine durale. Cette origine est cependant soumise à de grandes variations que l'on trouve dans 56 0/0 environ des sujets examinés. On observe alors le plus fréquemment que cette origine a lieu par un tronc commun avec des ciliaires courtes postérieures et de préférence les internes. Cependant il n'y a rien encore d'absolu à ce sujet et pour s'en convaincre on n'a qu'à examiner les planches, où Mayer a réuni huit variétés différentes de ramifica-

tion de l'ophtalmique. Cette grosse artère possède, en effet, très fréquemment une anastomose qui passe sous le nerf et rejoint le tronc mère aussitôt après que ce dernier a croisé la face supérieure se dirigeant en dedans. Le nerf optique est donc engainé dans un véritable anneau artériel.

Ce cercle vasculaire est soumis à des fortunes diverses. Tantôt mince et court, il se borne à être une communication étroite et négligeable tendue entre deux segments de l'artère principale. Tantôt, au contraire, son importance est prépondérante. C'est lui qui absorbe la masse principale du sang destinée à l'orbite. On dit alors que l'artère ophtalmique au lieu de passer sur le nerf passe en dessous.

L'origine de la centrale rétinienne devait fatalement se ressentir de l'inconstance du cours de la grosse artère (1). Normalement située en dessous et en dedans du nerf optique pour des raisons embryologiques, elle naît volontiers du segment inférieur de cette anastomose, seule, ou par un tronc commun ainsi que nous l'avons dit, avec des ciliaires internes.

1. On a dit aussi que l'artère centrale de la rétine pouvait naître par deux racines. Cette opinion due la première fois à Mariotte fut reprise par Beaunis et Bouchard qui la mentionnent seulement. Mayer doute fort de sa réalité et, personnellement, n'a jamais vu de tels cas.

Lauth. (*Mémoire de la Société d'histoire naturelle de Strasbourg*, Paris, 1833, L. II, p. 46, dit encore : « Dans un cas observé par mon père la centrale de la rétine naissait directement de la carotide interne. »

Son cours visible n'excède jamais 1 ou 2 millimètres. Il est très souvent nul, et il faut une recherche délicate, aidée d'une très fine dissection, pour la percevoir. Mayer dit à ce propos que la centrale de la rétine est sur tout son parcours engainée dans un dédoublement de la dure-mère qui engloberait souvent l'ophtalmique elle-même. Elle serpenterait ainsi pendant un parcours assez long dans cette chemise fibreuse, et ce n'est que 10 à 15 millimètres en arrière de l'insertion bulbaire qu'elle se déciderait à s'enfoncer perpendiculairement dans le tronc optique, traversant seulement alors les espaces sus et sous-arachnoïdiens.

Pour ce qui nous concerne, en examinant le résultat de nos injections nous avons pu facilement nous convaincre de la réalité de ce cours caché de la centrale rétinienne. Cependant, il nous a semblé que le vaisseau étant bien rempli est facile à trouver, et même à voir serpenter dans sa gaine. Ainsi que nous l'avons déjà dit pour l'ophtalmique, il ne nous paraît pas y avoir là à l'origine un véritable dédoublement de la dure-mère. D'abord accolée au tronc optique par un feuillet fibreux mince, véritable fascia vasculaire, ce n'est qu'après un cours de 2 à 3 millimètres qu'elle s'enfonce véritablement cette fois dans l'épaisseur de la gaine durale.

Que devient-elle à ce moment ?

L'opinion la plus courante veut qu'elle fasse son entrée entre 15 et 20 millimètres en arrière du bulbe ; mais il arrive que cette pénétration ait lieu plus bas. Vossius donne, du reste, les chiffres de 10 à 12 mil-

millimètres. Arlt ceux de 11 à 13 millimètres. Il s'agit là, évidemment, d'adultes car en ce qui nous concerne, sur des cadavres de nouveau-nés nous avons constamment observé des chiffres beaucoup plus bas, de 5 à 9 millimètres, et cela tendrait à prouver que dans la suite, la portion immédiatement rétro-bulbaire du nerf optique se développerait moins que les autres. Schwalbe qui donne un chiffre très faible, dit, du reste, avoir trouvé parfois chez l'adulte une distance plus petite encore que celle donnée par les autres anatomistes soit : 7 millimètres.

Large à son origine de 28 millimètres d'après Henle, elle se rétrécirait pour entrer dans le nerf, elle ne mesurerait plus alors d'après Schwalbe que 23 millimètres. Bien que la différence soit minime, elle est intéressante à noter. Nous attribuons, pour notre part, cette diminution de calibre au fait que l'artère centrale de la rétine avant de traverser la pie-mère émet régulièrement ainsi que nous l'avons noté, des branches pour le réseau superficiel contenues dans cette gaine vasculaire. Ces branches qui ne sont pas, du reste, très fines, sont rarement récurrentes, généralement descendantes.

L'artère entre seule dans le tronc nerveux, c'est-à-dire qu'elle n'est pas accompagnée de la veine. Celle-ci, ainsi que l'a fort bien vu Michel, quitte l'axe du nerf, quelques millimètres plus bas. Elle reste sous la gaine piale dans cette partie superficielle si riche en névroglie et c'est de là qu'elle envoie dans la dure-mère, jusqu'à épuisement, des émissaires de dimensions plus ou moins considérables.

FIGURE I

Nerf optique d'enfant. Coupe longitudinale montrant l'entrée de l'artère centrale qui pénètre sur ce sujet environ à 5 millimètres en arrière du bulbe.

FIGURE II

Coupe de nerf optique d'enfant à son insertion bulbaire. Aspect périphérique de la lame criblée montrant la distribution de deux artérioles d'origine ciliaire. La pupille non visible est dans un étage inférieur.



fig 1

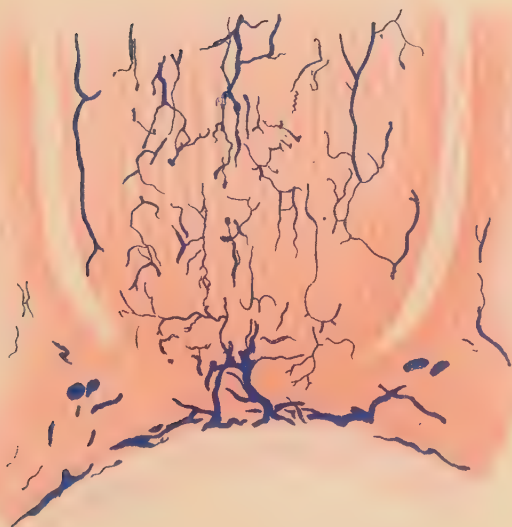


fig 2.

On a coutume de dire que l'artère centrale de la rétine pénètre le nerf par sa face inférieure, mais cette question, d'apparence si simple, a suscité des opinions différentes et des recherches de contrôle. Vossius soutint, en effet, que ce point d'accès avait lieu dans le quadrant inféro-externe. Or, l'embryologie nous enseigne que l'invagination de la vésicule secondaire, gouttière par où pénètrent les vaisseaux centraux, se trouve directement sur la ligne médiane. Fallait-il donc supposer qu'au cours du développement le bulbe effectuait une torsion de 90°? Cette opinion, dit Leber, est insoutenable. Des examens de nerfs optiques sur des nouveau-nés ont montré, en effet, que si cette artère pénètre dans le quadrant inféro-externe, c'est dans la portion tout inférieure de celui-ci, autant dire directement en dessous. D'ailleurs, Deyls qui compulsa vingt-neuf cas trouva ce point d'accès directement sur la ligne médiane. Henckel qui examina, pour se convaincre, un certain nombre d'embryons humains, écrit qu'au troisième mois la fente fœtale est bien à cet endroit. Plus tôt, elle serait en bas et en dedans (His, Henckel). D'autre part, s'il n'existe du côté du bulbe oculaire aucun changement pouvant expliquer l'opinion de Vossius, ne pourrait-il y avoir de très bonne heure quelque torsion du nerf proprement dit? Strahl, Leber, Wilbrand et Saenger en doutent tout en la déclarant possible.

L'artère centrale rétinienne entre dans le nerf en entraînant avec elle un épais cordon conjonctif qu'elle paraît emprunter en grande partie à la dure-mère et qui n'est autre, pensons-nous, qu'un fascia vasculaire

très dense contenant des fibres sympathiques venues du ganglion ciliaire et qui suivront jusqu'à la papille. Cette gaine, dont l'épaisseur dépasse le diamètre de l'artère elle-même lorsque le cordon a gagné sa situation axiale, n'est pas à son passage dural, si large. La pie-mère paraît renforcer considérablement les faisceaux périphériques en se déprimant à son point d'entrée, si bien que sur une coupe transversale on trouve là une formation conjonctive d'apparence réniforme, qui s'amincit ensuite et s'arrondit au centre du nerf pour se terminer coniquement à la papille. Cette gaine qui contiendrait, d'après Bietti, de très nombreuses fibres élastiques serait une véritable chemise lymphatique. Nous verrons dans la deuxième partie de ce travail les opinions émises à ce sujet et qui en font une voie d'écoulement soit de l'humeur vitrée soit de la lymphe hyaloïdienne.

Quoi qu'il en soit, pour gagner le centre du tronc nerveux, l'artère et sa gaine entrent perpendiculairement à l'axe, puis, se recourbant en un demi-cercle se dirigent en avant, où elles rejoignent bientôt la veine. A partir de ce moment, pour étudier la façon dont se comporte les vaisseaux centraux, il faut avoir recours aux coupes sérieées longitudinalement. Ainsi, on peut se rendre compte que la centrale rétinienne après avoir dessiné cette courbe presque à angle droit se dirige vers la papille en suivant à peu près le centre du nerf, mais le plus ordinairement déviée un peu vers le bas. Enfin durant ce trajet, elle émet des branches.

Ces rameaux ne sont pas, comme tend à le montrer la

figure classique empruntée à Leber disposés dans un sens radiaire, c'est-à-dire s'écartant perpendiculairement du tronc pour se diriger vers la périphérie et se mêler aux vaisseaux du réseau pial. Ils sont, au contraire, presque tous parallèles à l'axe, et très rapprochés de l'artère d'origine. Souvent ces gros rameaux sont au nombre de deux et viennent se loger dans le voisinage immédiat du cordon vasculo-conjonctif, s'amincissant jusqu'à disparition aux approches de la papille. D'autres plus fins suivent la même direction, mais ici encore, leur mode de ramescence est conforme à ce que nous savons déjà de la vascularisation du nerf optique. Presque aussitôt après avoir pris naissance par une courte origine perpendiculaire au tronc mère, le rameau se divise en T envoyant entre les faisceaux une branche descendante et une récurrente. De celles-ci, naissent par le même mode de ramescence d'autres émissaires de plus en plus fins, jusqu'à épuisement.

Certains auteurs (Vossius) ont dit que l'artère centrale aussitôt entrée envoyait dans la région postérieure du tronc optique une branche récurrente d'un certain volume. Bien que sur six cas d'injections réussies nous n'ayons trouvé cette disposition qu'une fois, nous la considérons comme très possible. L'artère centrale, partagée en deux troncs dans le prolongement l'un de l'autre dont l'un descendrait vers la rétine et l'autre remonterait vers le trou optique obéirait ainsi à cette disposition générale qu'on retrouve pour ses branches et celles du réseau pie-mérien. D'autre part, si cette disposition n'existe pas sur tous les sujets, il nous a sem-

blé qu'il y avait souvent, en arrière du coude décrit par son entrée, une artériole assez grosse, provenant, non pas directement de la centrale rétinienne elle-même mais d'une de ses branches qui courent parallèlement à son trajet. Ce ne serait, dans ce cas, qu'une récurrente résultant de la division d'un rameau de premier ordre.

Il ressort de ces faits, que sur une coupe transversale si on observe dans le nerf optique de gros vaisseaux dont la lumière se dessine nettement, il y en a fort peu de coupés longitudinalement. L'artère accompagnée de ses branches est flanquée de la veine qui est sensiblement plus grosse qu'elle. Il est à noter que celle-ci possède également des affluents de grosse taille et sur les coupes parallèles on se rend bien compte par leurs dimensions de la différence entre les artérioles et les veinules.

Une question qui aurait un certain intérêt serait celle de savoir s'il existe deux territoires, l'un pour les branches piales, l'autre pour l'artère centrale. Or, bien que ce soit notre conviction, il est impossible de donner des preuves, à l'appui de ce fait. Pour résoudre le problème il faudrait pouvoir pousser une injection dans l'artère centrale seule, ou tout au moins la lier et remplir l'ophtalmique.

Si ces recherches sont impossibles sur un nouveau-né, au moins peut-on les croire réalisables sur l'adulte. Malheureusement il n'en est rien, car il ne faut pas oublier que la moindre effraction donne avec les masses extra-fluides d'abondantes pertes qui paralysent l'opération. Or, comment lier la centrale de la rétine sans

pénétrer dans l'orbite, c'est-à-dire en plein territoire de l'ophtalmique ? Nous dirons cependant plus loin les raisons qui militent en faveur d'une telle indépendance physiologique.

Au niveau de la lame criblée, la disposition du tissu conjonctif, à cet endroit constitué par des travées minces et serrées entraînerait, d'après Leber, une variante dans la disposition des vaisseaux. Ceux-ci seraient constitués par des capillaires très minces et fins dirigés radiairement et provenant de deux sources différentes; les vaisseaux ciliaires et l'artère centrale. Il existerait ainsi à cet endroit, des anastomoses entre le système hyaloïdien et le système ciliaire, celles-ci se faisant, d'une part, à l'aide des vaisseaux de la sclérotique et de la choroïde, d'autre part avec la ramification provenant du cercle de tissu plongeant directement dans le tissu interstitiel du nerf au niveau de l'insertion durale.

En ce qui concerne l'existence même de ces vaisseaux, leur présence au niveau de la lame criblée n'est pas douteuse. Nous pensons cependant après l'examen répété de nos coupes que d'une part, leur quantité a été peut-être exagérée et qu'en tous les cas l'origine hyaloïdienne de certains d'entre eux est fort sujet à caution.

La planche II qui fut dessinée à la chambre claire d'après une de nos préparations montre, en effet, une particularité remarquable. C'est le contraste existant entre un tronc parfaitement injecté rempli de vaisseaux et, au contraire, la pauvreté d'irrigation de la lame cri-

blée. Cette disposition est-elle normale ou attribuable à un défaut de perméabilité de ces fins capillaires ? Nous ne le pensons pas, car sur d'autres coupes semblables nous avons, à cinq reprises différentes, observé le même fait. Il est juste, cependant, d'ajouter que nous avons utilisé toujours des nouveau-nés. Cette ischémie relative serait-elle normale à cet âge, ou le calibre du réseau serait-il tellement fin que les masses pourtant si fluides à base d'éther ne pourraient pénétrer ? Il est bien difficile à cet égard d'apporter des preuves, soit dans un sens soit dans l'autre.

Quant à ce qui concerne la contribution de l'artère centrale dans l'irrigation de lame criblée, nous pensons qu'il est tout à fait anormal que cette artère envoie des vaisseaux dans ce tissu conjonctif d'origine scléroticale. La centrale, primitivement hyaloïdienne, et devenue dans la suite de l'évolution de l'œil chez l'homme et chez certains mammifères le vaisseau chargé d'irriguer la rétine, peut bien donner des branches dans le nerf optique pour concourir à la nutrition des faisceaux nerveux émanant de la membrane sensorielle, mais n'a rien à voir avec la lamina cribrosa qu'elle ne fait que traverser, et, qui est perpendiculaire même à la direction de ses branches.

Cette région est irriguée, sinon d'un façon intense du moins d'une façon normale par des vaisseaux uniquement d'origine ciliaire. Ceux-ci viennent, ainsi que nous l'avons déjà mentionné, des vaisseaux situés dans la choroïde, de ceux de la sclérotique qui ne font en cela que continuer leur trajet dans les fibres de cette

tunique prolongée dans le nerf optique, et enfin du cercle de Zinn.

Et maintenant les ramifications de ces vaisseaux s'anastomosent-elles avec les terminaisons des branches d'origine hyaloïdienne ? Leber le dit et Rochon-Duvignaud, tout en se rangeant à cette opinion, ajoute que ces communications portent sur des branches si fines qu'elles n'ont aucune importance physiologique. En ce qui nous concerne, nous pensons que ces anastomoses ne sont que la continuation de capillaires artériels avec des veinules, qu'il en est de cette zone comme pour les autres parties du tronc optique, et que tout ce qui circule comme vaisseaux sanguins dans le nerf et dans la rétine sont des branches terminales.

CHAPITRE VI

Artères des bandelettes optiques.

Les bandelettes, continuation postérieure du chiasma constituent la troisième étape que traversent les fibres rétiniennes avant leur arrivée au premier relai ganglionnaire.

Ces organes ont une irrigation vasculaire spéciale qui a deux sources différentes selon que l'on considère leur région tout antérieure, c'est-à-dire presque chiasmatique ou, au contraire, leur partie qui s'étend en arrière de celle-ci jusqu'à leur bifurcation pour les corps genouillés.

La partie antérieure de chaque tractus optici a une irrigation qui lui est commune avec la face inférieure du chiasma dont il constitue en quelque sorte la corne postérieure. On trouve là une branche, venue soit directement de la carotide interne soit de la communicante postérieure, et dont le territoire de distribution est presque aussitôt double par suite de sa division en deux rameaux principaux, l'un destiné au chiasma, l'autre à la tige pituitaire et au tuber cinéreum. Le rameau antérieur, assez volumineux, dirigé en haut et en avant

est obligé de croiser très obliquement la bandelette homolatérale. Ce faisant, il abandonne dans la pie-mère qui la recouvre de fines branches qui constitueront la moyenne partie du réseau polygonal, continuation du réseau pial qu'on trouve sur toute l'étendue du nerf optique.

La partie postérieure de chaque bandelette possède une autre artère, la choroïdienne antérieure dont le terrain de distribution est essentiellement thalamique. Encore appelée choroïdienne externe par quelques auteurs, elle naît directement de la carotide interne immédiatement au-dessous de la sylvienne, au-dessus de la communicante postérieure. Cette artère que tous les anatomistes connaissent comme appartenant aux noyaux de la base du cerveau, et que Duret a fort bien décrit dans ses rapports avec les bandelettes peut cependant naître autrement. On la voit alors se détacher, soit de la cérébrale moyenne (Sylvienne), soit de la communicante postérieure elle-même lorsque celle-ci est volumineuse. Chez le fœtus elle est relativement beaucoup plus considérable que chez l'adulte à cause du développement des plexus choroïdes.

De cette origine, elle se dirige en arrière et en dehors, aborde la face inférieure de la bandelette qu'elle croise, longe son bord interne, puis traverse de nouveau et se met en rapport avec le bord externe jusqu'à sa disparition dans la corne inférieure du ventricule latéral où nous ne la suivrons pas.

Dans ce trajet, elle a émis des branches collatérales.

1° Un ou plusieurs rameaux pour la cinquième circonvolution temporale;

2° De petites branches pour la bandelette optique et le pédoncule cérébral. Celles-ci sont en nombre très variable généralement dirigées de haut en bas sur la face supérieure de l'artère. Elles vont se jeter aussitôt dans le réseau pie-mérien, constitué en avant par les divisions de l'artère venue de la communicante postérieure décrite plus haut.

3° Enfin des artères centrales ou perforantes signalées par Heubner.

Ces dernières branches sont volumineuses. Elles sont au nombre de trois à quatre jusqu'à huit dit Charpy, et pénètrent dans les trous qu'on voit en dedans et en dehors de la bandelette et sur la bandelette elle-même.

Ces artères traversent le tractus optique. Elles sont destinées au bras postérieur de la capsule interne et au segment interne du noyau lenticulaire ; mais bien que surtout nucléaires, elles donnent en passant des rameaux plus ou moins gros qui s'étendent obliquement dans le trajet des fibres optiques de la bandelette. Nous avons pu, par des coupes, nous convaincre que de ceux-ci naissent des branches fines contribuant à la nutrition interstitielle des fibres nerveuses à ce niveau.

Cette disposition ne peut être vue que sur des coupes sériées et il n'est pas plus difficile de suivre ces gros rameaux que de repérer une artère centrale dans le nerf optique. En même temps, on trouve la circulation interstitielle des tractus constituée par une infinité de petites artérioles ayant absolument le même aspect

qu'au niveau du chiasma, mais on peut dire qu'ici cette irrigation est en partie double. D'une part, en effet, on voit descendre du réseau pie-mérien des ramuscules plus ou moins longs, très perpendiculairement, qui s'enfoncent dans la profondeur, se ramifient suivant le mode habituel et se résolvent en capillaires qui courent alors parallèlement aux fibres nerveuses, les unes récurrentes, les autres descendantes.

D'autre part, existent des branches venues des artères perforantes thalamiques, de diamètre plus considérable que celui des émissaires du réseau pial, et qui se ramifient en dernière analyse de la même façon.

Kolisko (cité par Charpy) observe que la choroïdienne antérieure doit être considérée comme une grosse artère de la base ayant un territoire central et périphérique. Le territoire central serait constitué par ces rameaux térébrants destinés au globus pallidus, au corps strié, à la capsule interne dans ses deux tiers postérieurs et à la couche optique. Le territoire périphérique aurait sous sa dépendance, la cinquième temporale, le plexus choroïde et la bandelette optique.

Enfin, de ces deux territoires l'un, le périphérique serait anastomotique; l'autre, le central, serait terminal (1).

Dans le but de nous rendre compte des relations anastomotiques du réseau pial des bandelettes nous avons pratiqué, dans la choroïdienne antérieure, un cer-

1. Kollisko a rassemblé plusieurs observations de ramollissement de la capsule interne par oblitération de la choroïdienne antérieure dans lesquelles on nota de l'hémiplégie avec de l'hémi-anesthésie et de l'hémi-anopsie.

tain nombre d'injections. Pour cela, nous avons pris des cerveaux d'adultes à l'autopsie en ayant soin de détacher le plus de dure-mère possible et en ménageant une certaine longueur à la section de la carotide interne.

Ceci fait, en ayant soin de lier ou de pincer toutes les branches de bifurcation de cette grosse artère de manière à ne laisser perméable que la choroïdienne antérieure nous poussions par cette voie une injection de liquide, soit à base d'éther, soit une masse aqueuse selon les cas.

Lorsque les conditions étaient favorables, nous voyions alors le réseau pie-mérien des bandelettes se remplir, et s'avancer jusqu'au chiasma sans l'atteindre. Pendant ce temps l'injection refluit en arrière et ressortait par la cérébrale postérieure.

Bien que la puissance de pénétration dans telles opérations ne puisse être comparée avec ce que l'on obtient sur les crânes intacts et entiers, nous croyons que cette constatation est intéressante. Elle tendrait à nous faire revenir à l'opinion de Duret combattue par Hubner, Cadiat, Charpy, par laquelle cet auteur affirmait ne voir dans les réseaux pie-mériens qu'un assemblage d'artérioles terminales, et non des mailles anastomotiques.

Pour notre part, sans nous hâter de conclure, nous ne pouvons nous empêcher de rapprocher ce fait d'un autre que nous avons observé après plusieurs tentatives et qui démontrerait l'indépendance des réseaux pie-mériens intra et extra-orbitaire du nerf optique.

CHAPITRE VII

Les artères optiques sont-elles terminales ?

Si nous résumons maintenant ce que nous savons de l'irrigation sanguine des voies optiques inférieures nous voyons qu'on peut leur considérer trois territoires artériels.

L'un, desservi par la choroïdienne antérieure est en arrière. Il comprend la partie postérieure de la bandelette optique jusqu'à sa division. A partir de ce point, en effet, ce territoire appartient à la cérébrale postérieure qui envoie des branches pour les corps genouillés. Un autre occupe une situation moyenne. Il comprend la portion chiasmatique de la bandelette, le chiasma avec ses deux faces, et les nerfs optiques intra-craniens. Ce territoire est irrigué par des artères venues directement de la carotide interne ou des cérébrales antérieures.

Enfin une troisième région est irriguée par l'artère ophtalmique. C'est le nerf optique extra-cranien avec le globe oculaire lui-même.

Sur ces trois zones on trouve le même mode de divi-

sion vasculaire. D'abord les artérioles issues de gros troncs qui se ramifient dans la pie-mère et forment là un réseau ou tout au moins si on accepte les conceptions de Duret, un pseudo-réseau. De celui-ci dirigé horizontalement, parallèlement à la surface des organes, partent des vaisseaux qui plongent dans la profondeur et s'y capillarisent immédiatement.

A cette source sanguine superficielle s'en ajoute une autre plus profonde et constituée au niveau des bandelettes par des branches issues directement des gros rameaux choroïdiens qui les traversent, et dans la région du nerf optique intra-orbitaire par l'artère centrale de la rétine.

Le mode de ramification des vaisseaux le long des fibres nerveuses, est ici en tout point comparable à ce qu'on observe dans la moelle. D'abord perpendiculaires aux fibres, ils se divisent selon un mode uniforme en un rameau descendant et récurrent qui, eux-mêmes, se ramifient de la même façon jusqu'à épuisement. Ils se continuent alors avec des veinules dont la disposition est loin d'être aussi typique. Au niveau du nerf optique lors de l'apparition des grosses cloisons conjonctives ce sont les septa qui commandent les points de pénétration, et il s'en suit une symétrie beaucoup plus grande que dans le chiasma et les bandelettes.

Les capillaires forment donc des systèmes simples qui ne compliquent pas des subdivisions et des réunions répétées. Ils se modèlent sur les éléments nerveux qui les entourent, courant parfois sur un trajet assez long et les contournant en spirale. A première

vue, sur les coupes ils paraissent s'entremêler et s'enchevêtrer d'une façon presque inextricable. Dans la région du segment rétro-bulbaire du nerf optique, on voit aussi des ramuscules provenant de l'artère centrale rétinienne et semblant se continuer avec des rameaux issus de la pie-mère et pénétrant par voie périphérique. S'agit-il là de véritables anastomoses ?

Ainsi que nous l'avons dit au sujet de l'artère centrale de la rétine il est bien difficile d'apporter dans cette question des preuves décisives. Mais avant de parler du système capillaire, disons quelques mots du réseau pial qu'on trouve aussi bien sur le nerf optique que sur le chiasma et les bandelettes.

Nous avons dit qu'en poussant des injections dans la choroïdienne antérieure, nous avons pu remplir, partiellement le réseau pie-mérien des bandelettes sans obtenir la réplétion du réseau chiasmatique. Nous parvenions ainsi dans les fines ramifications centrales de cet artère et nous voyions refluer le liquide dans la cérébrale postérieure. Cette opération répétée plusieurs fois sur des cerveaux frais d'autopsie nous donna presque toujours les mêmes résultats. Malheureusement il n'est pas possible de faire de tels essais sur des enfants nouveau-nés à cause de la friabilité du cerveau et de la petitesse des artères de la base. Pourtant la choroïdienne antérieure est chez ceux-ci relativement très développée, et aurait pu donner lieu à des constatations intéressantes.

D'autre part nous avons voulu nous assurer si tel fait se reproduisait pour l'artère ophtalmique. Dans ce

but nous avons pris deux lots de quatre jeunes sujets chacun. Sur l'un nous avons lié la carotide interne immédiatement au-dessus de l'ophtalmique et nous avons poussé par la carotide interne cervicale homonyme, à son origine dans la primitive, une injection de Gerota, en ayant soin de placer un lien élastique sur le front pour éviter les pertes par les sus-orbitaires. En opérant ainsi, nous obtenions une réplétion de toutes les artères de l'orbite et nous observions que la masse fluide venait refluer d'une part sur la veine ophtalmique dans la fente sphénoïdale, d'autre part sur les terminaisons des petites artères ethmoïdales à trajet récurrent sur la lame criblée osseuse et le bulbe olfactif. En même temps, tout une partie de la face se colorait en bleu. Cependant, malgré que la pie-mère extra-cranienne fût injectée, nous ne vîmes jamais le liquide venir refluer sur le nerf endocranien en traversant le trou optique. C'est à peine si une veinule se dessinait, appartenant probablement à ce système dont parle Kuhnt et qui se déverserait dans le sinus caverneux.

Voulant contrôler en sens inverse ce fait nous pratiquâmes alors sur le deuxième lot la ligature de l'ophtalmique à son origine, en gardant avec soin le cerveau tout entier. Nous faisons pénétrer alors l'injection par la carotide interne comme précédemment. Bien que nous ayons eu à lutter ici encore contre de nombreuses fuites dans la dure-mère nous sommes parvenus deux fois à bien injecter le chiasma, bandelettes et nerfs optiques intra-craniens. Dans ce cas le réseau

pial était rempli jusqu'au trou optique mais tout ce qui était dans l'orbite était vide.

Que conclure de ces faits ? Nous savons bien qu'en matière d'injections on est exposé à de nombreux aléas qui laissent prise à la critique. On peut toujours supposer, en effet, que les points restés vides ne sont pas remplis soit à cause du sujet, soit par la nature même du liquide ou la technique employées. Sans pouvoir répondre d'une façon absolument satisfaisante à ces objections, nous pensons cependant que de nombreux essais de ce genre peuvent donner sinon des certitudes, du moins des présomptions. Rappelons enfin, que si Heubner, Cadiat, Charpy considèrent les réseaux pie-mériens des artères comme anastomotiques, Duret pense, au contraire, que dans cette membrane se trouvent des artérioles terminées en arborisations d'où naissent perpendiculairement les branches nourricières.

Dans les organes eux-mêmes ces rameaux se capillarisent et s'entremêlent.

S'anastomosent-ils ensemble ? Nous croyons le fait possible, mais rare et nul au point de vue physiologique. Il ne faut pas, en effet, prendre les nombreuses inosculation des capillaires optiques pour de véritables anastomoses, car en suivant avec patience certains d'entre eux nous avons pu nous rendre compte que très souvent on aboutit ainsi à une veinule. Il s'agit donc ici de la circulation normale du retour.

Du reste, s'il est encore dans ce cas très difficile de démontrer péremptoirement que ces capillaires sont terminaux, au moins a-t-on de fortes raisons de le croire,

avec le peu que nous a enseigné sur ce sujet la pathologie et surtout l'analogie entre un organe comme le nerf optique et la moelle. Les auteurs qui l'acceptent comme, par exemple, dans la région de la lame criblée entre le système hyaloïdien central et le système ciliaire, les disent très fins, et Rochon-Duvignaud ajoute qu'au point de vue physiologique ces communications sont absolument négligeables.

Au demeurant, pourquoi faire des exceptions en faveur de l'artère centrale et ne considérer comme terminales que les branches rétiniennes ? Est-ce parce que les branches qu'elle donne dans le nerf optique ne sont que des collatérales ? A ce fait on peut répondre que les artères rétiniennes sont également des rameaux collatéraux, puisque chez le fœtus l'artère hyaloïde est destinée au cristallin. Ce n'est que plus tard qu'elle devient la source de nutrition des couches visuelles par développement anormal de ces menues petites branches primitivement nées sur les côtés du tronc originel.

Or nous pensons que les émissaires de l'artère centrale constituent un épisode très instructif de la nutrition du nerf optique. Toutes les branches provenant du réseau pie-mérien et plongeant dans la profondeur parmi les fibres se comportent comme elles, obéissant aux mêmes nécessités physiologiques, et s'il ne peut être question de localisation de ces territoires capillaires autour de faisceaux fonctionnellement bien définis comme l'ensemble des fibres maculaires, du moins peut-on dire que les éléments nerveux dans leur long

trajet sont irrigués par toute une échelle de capillaires de provenances diverses. Ne pouvant se suppléer les uns les autres, l'oblitération d'un de ces échelons par un processus quelconque d'endartérite, aboutirait donc à l'ischémie certaine des fibres dont ils sont chargés d'assurer la nutrition.

DEUXIÈME PARTIE

CIRCULATION LYMPHATIQUE



CHAPITRE I

Voies lymphatiques du nerf optique.

Remarques.

La première difficulté à laquelle on se heurte lorsqu'on essaye de décrire les voies lymphatiques du nerf optique, vient du mot lymphatique lui-même. En effet, alors que s'ils'agissait d'un autre organe de l'économie ce terme ne souffrirait aucune controverse, il semble que du moment qu'il s'agit de l'appareil visuel, il en soit tout autrement.

La présence des matière aqueuse et vitrée dans l'œil, celle de liquide céphalo-rachidien dans le nerf optique, posent dès le début, la question de l'unité des humeurs. En d'autres termes, le vitréum, l'humeur aqueuse, le liquide céphalo-rachidien sont-ils de la lymphe telle que celle que l'on trouve dans les espaces canaliculés des membres ?

Il est juste de reconnaître dès le début que la lymphe n'est pas identique à elle-même dans toute l'économie. Sa composition varie, en effet, suivant la région consi-

décree. Sa densité dans les membres est faible (30 0/00) elle augmente dans la lymphe intestinale (50 0/00) et atteint sa plus forte concentration au niveau de la glande hépatique (85 0/00). La teneur en substances inorganiques serait, d'après Morat et Doyon, (1) de 6 à 8 0/00 et serait identique à celle du sérum sanguin : Le chlorure de sodium serait égal à peu près à la moitié des sels, le reste étant surtout constitué par le carbonate de soude. (En plus il y aurait un peu de P., Ca et Mg + S combiné.)

En ce qui concerne l'humeur aqueuse Michel et Wagner (cités par Leber) donnent l'analyse suivante :

Eau	98,71
Matières extractives solubles dans l'eau	0,89
Albumine et autres substances organiques . . .	0,107

Berzélius donne comme chiffres :

Eau	98,1
Traces d'albumine. Matières extractives solubles	0,75
Chlorure de sodium.	1,15

Claude Bernard chez le bœuf, Chabbas chez le lapin, le chien, le chat et même chez l'homme, ont trouvé du sucre ; 0,16 à 0,2 0/0 environ.

Les chiffres des substances anorganiques trouvés par différents auteurs concordent à peu près. C'est ainsi que sur le bœuf, Cahin trouve 0,99 0/0 dont 0,77 0 0 de

1. Morat et Doyon. *Traité de Physiologie*, t. II.

2° Canttonnet. Thèse, Paris, 1905, p. 15.

chlorure de sodium. Michel et Wagner 0,89 0/0 chez l'homme. Kletziński indique 0,58-0,64 0/0. Cette composition varierait après la mort puisque les substances solides atteindraient au bout de quatre heures 0,86 0/0 et huit heures 1,63 0/0. Il est à rappeler également que la teneur en albumine de l'humeur aqueuse augmente notablement après ponction. Nicati (cité par Leber) trouve 1,93 0/0 de matières extractives dans l'humeur aqueuse normale. Une demi-heure après ponction ces substances s'élèvent à 6,32 0/0 ; quarante minutes après à 5,15 0/0 pour diminuer dès lors graduellement.

La composition du corps vitré serait d'après Lhomeyer (in Leber):

Eau	98,64
Albuminate de soude.	0,136
Chlorure de sodium	0,775

D'après Michel et Wagner :

Eau	98,81
Matières incombustibles.	0,94
Albumine	0,09
Autres substances organiques.	0,16

D'après Berzelius: en eau, presque semblable 98,40. Chlorure de sodium 1,42 ; albumine 0,16. Enfin si on ne parle pas de sucre, du moins Millon et Wœhler y ont-ils trouvé de l'urée.

Il ressort de ces recherches chimiques qu'une certaine similitude de composition existe entre les deux humeurs principales de l'œil. C'est ainsi par exemple

que Berzelius trouve comme teneur du chlorure de sodium : 1,15 dans l'une et 1,42 dans l'autre, enfin le tableau suivant donné par Cahn montre les valeurs centésimales comparatives des substances anorganiques des deux liquides.

	Corps vitré	Humeur aqueuse
NaCl	74,43	78,11
Carbonate Na	12,67	8,72
Chlorure de potassium.	5,57	2,92
Sulfate de potassium .	3,74	5,99
Phosphate de soude. .	1,82	1,99
Phosphate de chaux .	0,44	0,62
Phosphate de magnésie.	0,22	0,40
	<u>98,89</u>	<u>98,75</u>

Malgré les différences de détails il apparaît donc que le vitré et l'humeur aqueuse se ressemblent beaucoup. Mais cette similitude va t-elle jusqu'à l'identité ?

Si cependant on admet que ce sont là choses semblables, doit-on les rattacher au liquide céphalo-rachidien et à la lymphe ?

Le liquide céphalo-rachidien qui a fait dans ces dernières années l'objet de nombreux travaux serait d'après Paulet (1), constitué de la façon suivante :

Eau	98.180
Albumine.	0.035
Na Cl	0.610
CO ³ HN ^a	0.060
PO ⁴ Ca et CO ³ Ca. . . .	0.009

1. Paulet. *Dictionnaire de Dechambre*. Cité par Sicard.

Cette analyse est celle de Lassègue. Les autres lui ressemblent, Richet y trouve 6 grammes de Na Cl par litre, mais Voisin (in Cantonnet) en accuse de 7 gr. 20 à 7 gr. 50.

Au point de vue de sa tension osmotique, les auteurs ne sont pas d'accord. Pour les uns (Widal, Sicard et Ravaut (1), Zanier (2), Bard(3), il est hypertonique par rapport au sang. Pour Achard (4), Lœper, Laubry, Voisin, il serait, au contraire, hypotonique (5). Doit-on mettre cette divergence, sur le compte de la méthode cryoscopique dont les résultats n'ont pas été aussi brillants qu'on l'avait un moment espéré ?

Leber frappé par la façon identique de réagir des humeurs de l'œil et du liquide céphalo-rachidien vis-à-vis de la phtaléine du phénol les compare avec insistance. Depuis Schwalbe, nombre d'auteurs, ainsi que nous le verrons plus tard, cherchant des voies d'écoulement des liquides oculaires, virent leurs injections aboutir dans l'espace sous-arachnoïdien du nerf optique.

Achard et Lœper, liant le pédicule rénal (7) chez des

1. Widal, Sicard, Ravaut. Cryoscopie du liquide céphalo-rachidien. Soc. de Biologie, 20 octobre 1900, et *Presse médicale*, 24 octobre 1900.

2. Zanier. *Centralblatt für physiologie*, 1896, p. 353.

3. Bard. Tonicité du liquide céphalo-rachidien et son action sur les globules rouges du porteur. Soc. de Biologie, février 1901.

4. Achard, Lœper et Laubry. *Archives de médecine expérimentale*, juillet 1901.

5. Voisin. Thèse, Paris, 1905.

6. Sicard. *Du liquide céphalo-rachidien*. Paris, 1902.

7. Achard et Lœper. L'eau dans l'organisme après la ligature

animaux, virent le férocyanure de potassium injecté passer dans l'œdème, le liquide céphalo-rachidien et l'humeur aqueuse.

Sicard, d'autre part, expérimentant sur le même liquide céphalo-rachidien (1), ayant injecté dans le sac sous-arachnoïdien d'un chien une solution d'encre de Chine, vit au bout de huit mois les ganglions lymphatiques de toute l'économie bourrés de ces granulations noires. Dans d'autres expériences faites par le même auteur nous savons qu'au niveau du nerf optique on trouve ces particules d'encre de Chine dans l'espace vaginal. Un certain nombre d'entre elles sont arrêtées au niveau du cul-de-sac à l'insertion bulbaire, mais Dupuy-Dutemps qui fit un examen attentif de ces yeux ne nous dit nullement avoir trouvé des granulations colorées soit dans le vitré soit dans l'humeur aqueuse.

Quelle certitude peuvent donc nous donner les analyses chimiques de ces diverses humeurs? Elles ne sont jamais superposables. Elles varient même souvent entre animaux de même espèce.

Les présomptions que peuvent donner une réaction semblable comme celle de la phaléine, si séduisante pour Leber, ne peuvent dissiper le doute de notre esprit.

Nombre d'auteurs, cependant, considèrent les liquides

du péricule rénal, *Archives de méd. expérimentale et d'anat. path.*, 1903.

1. Sicard, *Injection sous-arachnoïdiennes*. Thèse Paris, 1900 et *Le liquide céphalo-rachidien*. Paris, 1902.

de l'œil comme de la lymphe. Lœper, d'ailleurs s'exprime ainsi : « Dans l'intimité même des tissus existe donc un vaste appareil de filtration et d'excrétion universellement réparti, constitué par une infinité de petits systèmes. Certains de ces systèmes ont, dans le développement de l'organisme, et en raison du rôle qui leur est dévolu ou de la fonction qu'ils doivent accomplir, pris une importance exagérée, presque monstrueuse.

C'est ainsi que l'œil contient une cavité lymphatique assez considérable, drainée par des canaux spéciaux. . . ce sont des fentes lymphatiques géantes qui sont à l'organe ce qu'est la fente lymphatique à la cellule ou à un groupement cellulaire. »

Angelucci, bien que ne se livrant à aucun commentaire sur l'identification des tumeurs oculaires, se sert du mot lymphe pour désigner l'humeur aqueuse, ou le vitré. Il paraît évident que dans son esprit les termes sont synonymes en ce qui concerne la nature intime des liquides.

De même pour Venneman, Wielbrand et Singer, Leber et bien d'autres. Au demeurant, l'exemple vient de loin. Déjà, en 1869, Schwalbe par ses injections touchait à cette question. Michel, en 1872, l'amplifiait. Smith-Rimpler, Axel Rey et Retzius par des méthodes anatomiques semblables établissaient des rapports entre l'espace supra-choroïdien lymphatique et les gaines du nerf opti-

1. Lœper. La formation de la lymphe. *Presse médicale*, septembre 1903. Angelucci. *Encyclopédie française d'ophtalmologie*, t. II. Venneman. *Encyclopédie française*, t. I.

que contenant du liquide cérébro-spinal. Lorsque vinrent avec Stilling, Priestley-Smith, Gifford, Leplat et autres, les méthodes physiologiques et les substances diffusibles, on s'attaqua à l'origine des tumeurs oculaires et, poussé par l'intérêt étiologique du glaucome, on en chercha les voies d'excrétion. On supposa alors un mouvement continu un véritable courant, rapide dans la chambre antérieure, lent dans le vitré. Un tel phénomène est-il conforme à la réalité ? Déjà Otto Weiss, dans un travail récent, formule un certain nombre de très justes critiques à ce sujet.

Bien que ces questions sortent un peu du domaine que nous nous sommes assigné dans ce travail, elles ont pour nous un réel intérêt étant donné le rôle qu'on a toujours fait jouer au nerf optique dans la sortie des liquides intra-oculaires. Comment trancher la question de l'unité de ces humeurs ? Est-ce de la lymphe comme l'admet Cantonnet dans sa thèse récente, ou sommes-nous en présence de choses différentes comme le pense Rochon-Duvignaud (1) ? Les preuves sont loin d'être décisives. On pourrait peut-être arriver à des considérations intéressantes si les auteurs qui se sont occupés du chimisme biologique des humeurs de l'œil consentaient à s'occuper de la même façon de la lymphe prélevée à l'état de jeune au niveau d'une fistule de la grande veine lymphatique, par exemple, et du liquide céphalo-rachidien. Étant donné les discordances existant entre ani-

1. Rochon-Duvignaud. Anatomie et physiologie du nerf optique, *Encyclopédie française dipl.*, t. II.

maux de même espèce, comment conclure dès maintenant d'une façon générale ?

De telles recherches sont, à n'en pas douter, extrêmement délicates. A des procédés semblables il faudrait la superposition d'individus identiques, non seulement au point de vue espèce, mais aussi des conditions biologiques. Il est donc prématuré d'affirmer quoi que ce soit.

CHAPITRE II

Les pseudo-voies lymphatiques des gaines du nerf optique.

Ainsi que chacun le sait, le nerf optique est entouré sur tout son parcours d'une membrane fibreuse très mince qui lui adhère, d'une façon intime, la pie-mère. Cette gaine se retrouve sur le chiasma dont elle enveloppe toute la portion saillante, de même pour les bandelettes dont seules, les faces inférieures sont autonomes. La pie-mère qui recouvre tous les centres nerveux, encéphale et moelle est constituée au niveau de cette dernière par deux couches, l'une externe, l'autre interne « l'Intima pia » séparées par un espace, dit-on, lymphatique et garni sur ses deux faces de cellules endothéliales. Dans le crâne, l'Intima pia est la seule couche restante de la pie-mère, et, il en est de même pour le nerf optique. Au niveau de celui-ci, elle reçoit, par sa face externe, l'insertion du tissu réticulé sous-arachnoïdien et celle de colonnes fibreuses émises par la dure-mère. Par sa face interne elle envoie dans le nerf de nombreuses cloisons conjonctives, et nous avons vu que ces cloisons étaient parcourues presque toutes par

des vaisseaux. Entre la pie-mère et les faisceaux nerveux se trouve une couche névroglitique assez large dont Fuchs attribue la formation à une atrophie des fibres nerveuses périphériques.

Au niveau du trou optique, la pie-mère et le nerf qu'elle habille, sont entourés par la dure-mère entraînant avec elle l'arachnoïde. Dès cet instant, il n'y a sur le nerf optique orbitaire non plus une gaine mais trois. L'arachnoïde qui s'étend entre la dure-mère et l'Intima pia est une membrane très mince constituée par des travées connectives et des cellules plates sur ses deux faces.

Bien que les Allemands n'admettent pas l'autonomie de l'archnoïde, rappelons que l'usage en France a prévalu, depuis Bichat, de lui assigner deux feuillets, l'un pariétal, faisant partie intégrante de la dure-mère à la face profonde de laquelle elle adhère, et un feuillet viscéral, très nettement visible, dont les deux faces sont libres. Cette liberté cependant ne va pas sans certaines adhérences du côté externe, produites par les colonnes fibreuses émises par la dure-mère dont nous avons parlé, et du côté interne par les trabécules de tissu réticulé qui remplit l'espace sous-arachnoïdien.

La dure-mère enfin, membrane épaisse et fibreuse recouvre le tout. Sa face externe est libre, recouverte de tissu cellulaire lâche où circule des nerfs et des vaisseaux se rendant au bulbe. La face interne à laquelle s'ajoute, d'après les auteurs français, le feuillet pariétal

archnoïdien est lisse. De cette face partent les travées déjà mentionnées.

Il apparaît donc très nettement que la disposition des méninges du nerf optique est calquée sur celle des centres nerveux, en général. On y trouvera donc par analogie deux espaces parfaitement injectables et visibles sur des coupestransversales. L'un externe, entre la dure-mère doublée de l'archnoïde pariétale d'une part, le feuillet viscéral de l'arachnoïde d'autre part. C'est l'espace sous-dural, étroit, virtuel et bien visible que s'il est injecté. Rappelons, en passant, que d'après les conceptions de Bichat et Cloquet, cet espace serait entièrement inter-arachnoïdien.

Au-dessous de cet étage, se trouve l'espace sous-arachnoïdien entre la pie-mère et l'arachnoïde viscérale. Cet espace est relativement large. Il n'est pas entièrement libre mais traversé par de nombreux trabécules recouverts de cellules endothéliales souvent eux-mêmes porteurs de vaisseaux. Il est rempli de liquide céphalo-rachidien au même titre que l'espace semblable de la moelle et de l'encéphale.

Au niveau de l'insertion bulbaire, ces cavités se terminent en culs-de-sac, mais pénètrent dans la sclérotique jusqu'aux deux tiers de son épaisseur. Elles s'arrêtent à ce niveau contre la face postérieure de la lame criblée, mais comme l'espace sous-arachnoïdien est virtuel il n'y a en fait qu'un cul-de-sac étroit et serré à l'état normal, arrondi quand il est injecté.

Au niveau du trou optique, il est à remarquer qu'il existe une fusion entre les gaines du nerf. La pie-mère

adhère intimement à la membrane arachno-dure-mérienne. La dure-mère tient d'autant plus solidement à l'os qu'elle sert de périoste, et, que sur elle s'attachent la plupart des muscles droits, le grand oblique et même une partie du releveur. Cette fusion extrêmement prononcée sur l'homme adulte n'est pas totale. Schwalbe dit qu'elle n'existe pas au niveau de la face inférieure. Bien que très serrée, elle se laisse cependant forcer, et cela quand le liquide céphalo-rachidien en hypertension vient pendant quelque temps appuyer sur la face endocranienne du trou optique. Les adhérences de l'arachnoïde et de la pie-mère peuvent-elles être toujours vaincues de cette façon? Nous croyons après l'examen de nombreux crânes d'adultes qu'il est très vraisemblable que chez certains individus il y ait pour cela des facilités qu'on ne retrouve pas chez d'autres. Chez l'enfant nouveau-né ces adhérences sont minimales. On peut facilement et presque à chaque coup injecter une masse colorée dans les gaines optiques en passant par le lac arachnoïdien antérieur. Chez les animaux comme le lapin la communication est encore plus aisée à obtenir. Chez le chien, on la démontre comme sur l'enfant. C'est sur cet animal, du reste, que Sicard a fait ses expériences dont la partie ophtalmologique a été rapportée par Dupuy-Dutemps.

La conception des gaines séreuses du nerf optique comme voies lymphatiques fut lancée par Schwalbe en 1869. Cet auteur reconnut la communication entre l'espace sous-arachnoïdien de l'optique et l'espace homologue encéphalique; il démontra surtout par la nitratisation

l'existence de cellules endothéliales, et ce fut sans doute ce fait qui influa sur sa manière d'envisager la nature de cet espace. Il n'admit entre la dure-mère et l'*Intima pia* qu'une cavité, l'espace intervaginal, opinion qu'il corrigea, du reste, dans l'édition de son *Anatomie* de 1887.

S'il n'admettait cependant qu'un seul interstice entre les gaines externes du nerf, il décrivait, par contre, un espace supra-vaginal situé sur la face orbitaire de la pie-mère. Celui-ci se laisserait injecter secondairement à la capsule de Tenon avec laquelle il était sensé communiquer. Schmidt-Rimpler entreprit vers la même époque des expériences et confirma entièrement les résultats obtenus par Schwalbe. En 1872 Michel s'inspirant des mêmes techniques reprit la question. Il affirma l'existence de deux espaces intervaginal et sus-vaginal communiquant entre eux par un système de fentes très petites, disait-il, situées dans la dure-mère. Les injections l'amènèrent également à décrire une communication entre l'espace intervaginal et l'espace périchoïdien par un ensemble de lacunes semblables dit-il à celle de la dure-mère. Pour lui, l'espace périchoroïdien était en relation avec l'espace de Tenon par l'intermédiaire des gaines vasculaires, et les feuillets de l'espace de Tenon avec l'espace supra-vaginal. « Si bien, dit-il que la masse d'injection qui a pris son chemin, d'un côté par les fentes de la dure-mère de l'optique, de l'autre par les fentes de la sclérotique (entre l'espace intervaginal et l'espace suprachoroïdien) se réjoint dans l'espace de Tenon ou dans l'espace supra-vaginal avec lequel il communi-

que (1). » On lisait ensuite dans ses conclusions cette phrase : « L'espace intervaginal et les autres espaces dont on a pris note doivent être considérés, ainsi que l'a dit Schwalbe comme des espaces lymphatiques. »

En 1875 parut le beau travail d'Axel Key et Retzius, Ces auteurs démontrèrent que l'espace intervaginal devait en réalité se subdiviser en deux. Ils réussirent à injecter autour du nerf deux espaces concentriques distincts ; le premier sous-dural pénétré par l'espace sous-dural du cerveau, situé entre l'arachnoïde et la pie-mère, et l'espace sous-arachnoïdien par l'espace homonyme de l'encéphale. Ils démontrent que la communication entre les gaines de l'optique et les espaces intra-craniens se faisaient au niveau du trou optique particulièrement à la face inférieure de celui-ci, aux côtés de l'artère ophtalmique.

Ils ne mentionnèrent l'espace supra-vaginal, qu'à propos de l'espace-choroïdien. « Dans certains cas, disent-ils, la canule est enfoncée entre deux faisceaux (de la sclérotique) et on injecte alors l'espace supra-choroïdien de l'autre côté (l'autre segment du même œil). Cela est du reste rare, car on emploie généralement alors une pression forte. On note alors que la masse d'injection diffuse dans l'espace de Tenon au niveau des veines vorticineuses. La masse s'étend jusqu'au pourtour du nerf, en dehors de la gaine dural, dans l'espace supra-dural ».

1. Michel. *Loco citato*. Les fentes décrites dans la dure-mère seraient tapissées d'endotélium.

Recourant à la méthode expérimentale Quinke en 1872, pratiqua sur des animaux vivants des injections au cinabre et démontra la même communication entre les espaces optiques et encéphaliques. Il instillait sa substance colorante soit dans les espaces cérébraux, soit dans les espaces rachidiens. Dans ce dernier cas, il reconnut d'abord que les particules de couleur se retrouvaient à une certaine distance du point d'injection puis il la vit à la base du crâne au niveau de la sortie des nerfs craniens qu'elle accompagnait sur une petite distance. Quelques heures après, il retrouva sa masse rouge dans les gaines de l'optique. Il la vit rarement (!) dans l'espace supravaginal et dans celui de Tenon ; jamais dans la fente périchoroïdienne, le tissu interstitiel du nerf ou la rétine.

Depuis Quinke, de nombreux auteurs eurent recours aux méthodes physiologiques, soit pour rechercher certaines particularités du liquide céphalo-rachidien, soit pour examiner la façon dont se comportait de telles injections vis-à-vis les gaines du nerf optique. C'est ainsi que Gifford reproduisit les expériences de Quinke mais contrairement à lui remarque avec raison que « dans des conditions normales » on n'observe pas le passage du liquide de l'espace intervaginal dans l'espace périchoroïdien.

Deutchmann, au contraire, ayant recours à l'encre de Chine dont il instillait quelques gouttes dans l'espace sous-arachnoïdien de lapin, observa dit-il, au moyen de l'examen ophtalmoscopique un anneau noir autour la papille. Bien plus, au bout d'une heure l'encre pas-

sait de la papille dans l'espace péricorôidien ! L'examen anatomique lui démontra ensuite que les particules de suie avaient traversé dans l'espace de Tenon, trouvant passage par les gaines des veines varticellées ; que d'autres, en suivant les gaines des vaisseaux centraux, s'étaient extériorisées dans l'orbite. Enfin, des travées noires fusaient du côté externe du maxillaire.

D'après le protocole de ces expériences tout devait donc être uniformément noir. Lorsqu'en 1900, Sicard(1) entreprit des injections sous-arachnoïdiennes encéphaliques et rachidiennes d'encre de Chine sur des chiens, Dupuy-Dutemps(2) examina la façon dont se comportait les particules colorées vis-à-vis du nerf optique et de ses gaines ; il n'observa rien de semblable.

Des coupes lui démontrèrent qu'un grand nombre de grains noirs étaient venus s'appliquer au fond du cul-de-sac vaginal, derrière la lame criblée. Il ne put en trouver aucuns soit dans le vitré, soit dans une autre partie du bulbe oculaire, soit dans le tissu interstitiel du nerf optique. Par contre, il remarqua que ces grains avaient toujours tendance à filer du côté externe, c'est-à-dire du côté du tissu de l'orbite, en traversant la dure-mère. Cette remarque a son intérêt, car outre Michel qui prétendait qu'il existait dans cette membrane de véritables stomates lymphatiques, nous voyons Quinke, Gifford, Deutchmann, Zelleweger, affirmer que soit par des injections de cinabre, soit par de l'encre de

1. Sicard. *Injections sous-arachnoïdiennes*. Thèse, Paris, 1900.

2. Dupuy-Dutemps. Thèse Paris, 1900.

Chine, on voit la matière colorante sortir des enveloppes nerveuses en longeant « les espaces lymphatiques des vaisseaux centraux ». Il est bon d'ajouter que l'animal pris comme type est toujours le lapin.

Quelles que puissent être les critiques pouvant s'adresser à ces diverses expériences, il semble que leurs résultats aient été acceptés sans réserve par la plupart des auteurs. Wilbrand et Saenger (1) indiquent les communications avec l'espace péricoroïdien, et reproduisent les opinions de Michel. Leber, qui a expérimenté lui-même et réussi à injecter l'espace de Tenon par la fente péricoroïdienne, transcrit ces opinions en les acceptant. Il ne dit pas cependant avoir vu lui-même de communication entre cet espace et les gaines, mais leur nature lymphatique ne semble pas faire de doute pour lui. Nous voilà donc retombé dans la théorie de l'unité des humeurs. Cathelin (2), il y a quelques années, séduit par les remarquables travaux de Petit et Girard (3) sur la sécrétion des plexus choroïdes, avait envisagé l'hypothèse d'un cycle fermé, où la lymphe et le liquide céphalo-rachidien étaient identifiés. Il est vrai qu'il n'était pas question dans son article, ni du nerf optique, ni des humeurs de l'œil.

Quoi qu'il en soit, les espaces des gaines du nerf opti-

1. Wilbrand et Saenger. *Die Neurologie des Auges*, 1904.

2. Cathelin. La circulation du liquide céphalo-rachidien. *Presse Médicale*, 11 novembre 1903.

3. Petit et Girard. Société de Biologie, juin et juillet 1902 et *Bulletin du Muséum d'histoire naturelles*, 1901, n° 5 et 1902, n° 4.

que ne sont pas le siège d'une circulation active. Ces gaines sont trop épaisses et les espaces qui les traversent trop fins, dit Leber (1), pour qu'il puisse en être autrement. M. Rochon-Duvignaud (2) dit avec raison « qu'à la suite des innombrables énucléations qui ont été pratiquées on n'a jamais observé un écoulement appréciable de liquide qui peut cependant couler si abondamment dans les fractures du crâne compliquées de déchirure de l'arachnoïde ».

On peut donner, il est vrai, comme raison de ce fait l'adhérence remarquable des gaines au trou optique et leur fusion partielle, presque totale chez certains individus. Albert et Schnitzer, en effet, ont pu, observer sur les animaux une issue de liquide céphalo-rachidien à travers les gaines de l'optique, sans qu'il y ait d'hyperpression cérébrale. Pour démontrer ce phénomène, ils prenaient des chiens curarisés dont ils énucléaient le globe en le sectionnant au ras de l'insertion nerveuse. Ils insinuaient alors une canule d'avant en arrière dans les gaines. Pour contrôler les effets de la pression cérébrale ils pratiquaient une trépanation dans le crâne. Par cette ouverture ils introduisaient un tube et injectaient à volonté du liquide. Comme conclusion, ils arrivent à affirmer que pour une pression moyenne on n'obtient que l'issue de quelques gouttes de liquide, mais il y a

1. Leber. A propos du liquide céphalo-rachidien et des gaines de l'optique, in *Handbuch der Gesamten Augenheilkunde von Graefe-Saemich*.

2. Rochon-Duvignaud. Anatomie du nerf optique, in : *Encyclopédie française d'ophtalmologie*, t. II, p. 674.

augmentation de pression il sort aussitôt par jet continu.

Rappelons à ce sujet que Falkenhain et Naunyn (1) ont même évalué cette pression du liquide céphalo-rachidien, qui s'élèverait chez l'enfant de 1 mois à 1 an à 4 ou 16 millimètres de mercure, chez l'adulte certainement davantage, chez le chien de 7 à 12 millimètres, chez le lapin de 5 à 7 millimètres. Leber qui a noté ces chiffres remarque qu'ils restent en dessous de la pression intra-oculaire. Il attribue même à ce fait l'impuissance où fut Quinke de retrouver du cinabre dans l'espace périchoroïdien et les lymphatiques de l'œil après l'avoir introduit sous l'arachnoïde médullaire.

Nous n'essayerons pas de discuter. Nous ferons remarquer seulement que le nerf optique est une émanation cérébrale. Comme l'encéphale et la moelle il possède les mêmes enveloppes qui leur sont communes. Or, on n'a pas encore pu prouver que le liquide cérébro-spinal des centres était de la lymphe. Pourquoi l'affirmer pour l'œil? Nous n'oserons même pas comme Langer, soutenir que le rôle des enveloppes de l'optique est avant tout de permettre le glissement lors des mouvements du globe. Le nerf est assez long pour éviter les tiraillements, et il faut toujours se méfier des causes finales.

1. Fakenhain et Naunyn. *Ueber Hirndruck. Archiv. f. experiment. Path. u. Pharm.*, XXII, p. 261-305.

CHAPITRE III

Les espaces interstitiels du nerf optique.

Lorsque Schwalbe, en 1869, pratiqua des injections dans les gaines de l'optique, il lui vint à l'idée d'enfoncer la canule de l'instrument dont il se servait dans le tronc même du nerf, non loin de l'insertion bulbaire. Il vit alors la masse colorante diffuser sous la pie-mère autour des faisceaux nerveux, arriver jusqu'à la lame criblée, la traverser en partie et se répandre dans la couche fasciculée de la rétine, environnant les espaces péri-veineux et capillaires à l'exclusion des périartériels, s'étendant également entre la limitante interne et le corps vitré. Il lui fut possible, en outre, d'injecter le canal central du vitré, observant le passage du liquide autour des vaisseaux centraux de la rétine. Nous reviendrons sur ce dernier point au sujet de l'élimination des humeurs de l'œil par le nerf optique.

Schmidt-Rimpler expérimentant sur des chiens, des lapins, des veaux, et peu après, Michel sur des yeux de cadavres humains reprirent les mêmes expérien-

ces (1), mais ils s'occupèrent surtout des communications de l'espace périchoroïdien avec le tissu interstitiel du nerf et ses gaines. Nous en avons déjà parlé.

En 1875 parut l'ouvrage capital des deux anatomistes suédois Axel Key et Retzius. Ce sont surtout ces deux auteurs qui posèrent la question, tant par la précision de leurs descriptions que par l'impression qui se dégageait des dessins de leur atlas.

Voici en quels termes ils s'exprimaient :

« Lorsqu'on fait pénétrer la pointe d'une canule sous la gaine piale du nerf optique humain, en se servant d'une faible pression on obtient pas, à proprement parler, une injection. Lorsqu'on se sert d'une pression plus forte le liquide pénètre le long des gaines, et, s'étendant de toutes parts, fait une enveloppe au nerf; ce n'est que lorsque l'on emploie une plus forte pression encore que le liquide pénètre dans ces gaines. On voit alors la masse s'insinuer entre les faisceaux nerveux et s'étendre dans les fentes. En ce qui concerne la topographie de ces fentes on constate que le liquide pénètre entre les faisceaux conjonctifs et les faisceaux de fibres nerveuses.

Sur une coupe transversale, on voit un réseau entourant les faisceaux nerveux coupés transversalement. La masse qui distend les faisceaux se trouve en continuité avec l'espace injecté sous la gaine piale. Il est même

1. Schmidt-Rimpler et Michel se servirent de la même technique que Schwalbe dont nous exposerons plus loin les procédés.

arrivé qu'on puisse voir l'injection pénétrer dans la trame de la pie-mère surtout en se servant du bleu de Richardson. Chez les animaux ce fait est beaucoup plus fréquent avec n'importe quelle masse.

Sur une coupe longitudinale, mêmes observations ; mais on constate de plus que les fibres sont entièrement environnées par l'injection. De ces gaines on voit partir des prolongements entourant les fibres nerveuses, ce qui correspond au système décrit de fentes péri-fasciculaires.

Le point important est de savoir s'il existe là un système de voies séreuses. (Axel Key et Retzius ne disent pas lymphatiques.) Il arrive, en effet, que la masse filtrant jusque dans l'intérieur même des faisceaux, les figures ressemblent alors à celles que nous avons décrites dans les nerfs périphériques avec cette différence que dans ce cas, l'injection s'insinue non pas entre des faisceaux mais entre des fibres.

Lorsqu'on emploie une pression plus forte le liquide peut pénétrer encore plus loin. A l'endroit de la lame criblée il s'accumule, car les espaces entre les faisceaux sont plus grands ; à partir de cet endroit il pénètre dans la sclérotique et y figure un réseau en forme d'étoile entre les faisceaux conjonctifs.

En employant une masse très fluide on obtient une injection très abondante de la sclérotique. On peut également déterminer une injection de l'espace supra-choroïdien, mais avec une pression extrêmement forte. Chez le chien et le mouton on obtient ce passage plus facilement...

Souvent nous avons pu obtenir aussi, surtout sur des animaux, une injection très étendue de l'espace situé entre la couche pigmentaire et le chorio-capillaire (toujours en poussant par le nerf optique.) »

Les termes dont se servent les anatomistes suédois sont fort nets. Ils injectent donc :

1° Un espace sous-pie-mérien ; quelquefois dissocient la pie-mère elle-même ;

2° Des espaces sous la gaine conjonctive de chaque faisceau secondaire du nerf ;

3° Les interstices qui, dans le faisceau secondaire, séparent les uns des autres les faisceaux primitifs. Dans la papille, l'injection fuse entre les faisceaux nerveux dessinant une figure étoilée dont les pointes divergentes pénètrent plus ou moins loin dans la rétine environnante.

Ce système lacunaire compliqué, dessiné par l'injection, est celui dans lequel on trouve la trame conjonctive et surtout névroglitique du nerf. Il ne peut être question d'un appareil lymphatique canaliculé, jamais aucun auteur n'a pu y déceler une cellule endothéliale.

Au demeurant, le fait d'injecter le nerf optique rétro-bulbaire fut réalisé de nouveau plus récemment par Khunt et surtout par Knies (1). Ce dernier auteur cependant, n'insinua pas sa canule dans le nerf optique intact. Il coupait ce nerf au ras du bulbe, introduisait dans le centre l'instrument mis en communication avec un ballon comme pour les injections de sérum et réussit

1. Knies. *Klinich. monatsbl. f. angenheil.*, 1882, p. 288.

ainsi d'avant en arrière à faire passer une injection fort loin, jusqu'au niveau du chiasma et un peu dans les bandelettes. Ces expériences furent faites sur des yeux de cadavres humains. Nous verrons qu'au cours de nos essais personnels, on peut facilement avec la masse de Gerota réaliser les mêmes faits, et avec moins de préparatifs.

CHAPITRE IV

Les espaces périvasculaires du nerf optique.

A côté des espaces péri et inter-fasciculaires du nerf optique, de nombreux auteurs ont parlé de gaines périvasculaires disposées autour des vaisseaux centraux. Ces gaines, d'après l'opinion presque unanime, auraient pour but de laisser s'écouler une partie, faible il est vrai, de la lymphe (?) du vitré ; on en démontrerait l'existence et par des moyens anatomiques et par des méthodes physiologiques.

Schwalbe est ici encore le premier qui attira l'attention sur ce point. Il dit qu'injectant du liquide sous la pie-mère il vit la masse d'injection pénétrer dans le canal du vitré en suivant les vaisseaux centraux de la rétine. Parlant des voies d'élimination de l'humeur aqueuse, il s'étendit cependant avec beaucoup de soin sur les voies antérieures, mais fut très réservé en ce qui concerne les voies postérieures. Axel Key et Retzius, mentionnent également le fait, ayant recours à leur technique habituelle. Enfin Leber, par des expériences de contrôle, arrive au même résultat.

Avec ce dernier auteur les méthodes anatomiques

semblent être abandonnées. On essaye surtout de contrôler le fait sur des yeux vivants, mais il ne faut pas perdre de vue que la plupart des expérimentateurs, tout en recherchant la confirmation de cette voie, étudient surtout la pathogénie du glaucome.

Stilling fut le premier, semble-t-il, qui eut recours aux moyens physiologiques. Il prit des lapins vivants, leur lia le nerf optique tout en ayant soin de ne pas léser les nerfs ciliaires, et observa une augmentation considérable de pression intra-oculaire, avec anesthésie de la cornée. Ayant ensuite coupé la ligature, il vit la pression redevenir normale.

Il termine en attribuant ce fait à la rétention du liquide due à l'oblitération des voies d'écoulement postérieures.

Ces expériences de Stilling prêtaient trop de flanc à la critique pour rester indemnes d'objections. En serrant son fil sur le nerf n'avait-il pas en effet arrêté en même temps la circulation des voies veineuses, ou suspendu un influx sympathique ? Aussi d'autres auteurs voulurent-ils bientôt contrôler les faits. Russi sur les lapins, Macworth et Ulrich sur des chiens, Leplat, n'obtinent rien de tel. Stilling, reprenant alors la discussion, attribua ces résultats contraires à la ligature concomitante des nerfs ciliaires, rappelant qu'après une section de la V^e paire crânienne il est courant d'observer une diminution de la pression intrabulbaire. Malgré cela, les expériences de Stilling n'obtinrent pas un grand crédit, et Leber dit que dans l'impossibilité où il était de don-

ner des preuves décisives il attacha une trop grande importance aux résultats obtenus.

Plus tard, Priestley-Smith entreprit des recherches sur l'œil de mouton. Après avoir placé deux appareils manométriques, l'un dans la chambre antérieure, l'autre dans le vitré, il injecta dans ce dernier espace du liquide sous une pression modérée, déterminant ainsi l'affaissement de l'angle irido-cornéen, et l'application de l'iris sur la face profonde de la cornée. Estimant qu'il avait ainsi oblitéré les voies antérieures, il observa ce qui allait se passer. Il vit en effet la pression s'abaisser lentement et conclut à l'existence d'un courant traversant le nerf optique, courant peu important il est vrai puisqu'il l'estime de $\frac{1}{50}$ de celui des voies antérieures. Dans ce même ordre d'idées on peut mentionner aussi les recherches de Schöler qui étudia sur des yeux humains fraîchement énucléés, la filtration avec des différences de pression obtenues artificiellement.

Niesnamoff imagina autre chose. Il prit un œil frais, en coupa le segment antérieur, enduisit l'ouverture avec du collodion et obtint, dit-il, un minimum de filtration de $\frac{1}{5}$ " par minute ce qui est le $\frac{1}{5}$ ° de la masse totale. Il arrivait donc au même résultat que Priestley-Smith. Ajoutons enfin que Priestley-Smith et Ulrich enlevèrent également le corps vitré et le remplacèrent par un liquide coloré qu'ils déclarèrent non sans beaucoup d'obscurités avoir vu filtrer par la papille.

Ces expériences de ces deux auteurs pouvaient-elles en toute logique donner l'affirmation de voies d'écoulement par le nerf optique ? En remplaçant le vitré

par un autre liquide n'est-on pas bien loin des conditions normales? Il est à noter également que pour Schwalbe, Stilling, ce n'est que le canal hyaloïdien qui est en communication avec la papille.

Or, si on se reporte à l'expérience de Priestley-Smith qui ferme l'angle irido-cornéen en injectant du liquide sous pression dans le vitré, il n'est bien entendu plus question de l'intégrité ou de l'exclusivité de cette voie centrale.

De toute façon, il fallait trouver des méthodes moins brutales et se rapprocher le plus possible des conditions physiologiques. Pour cela on eut recours à des substances injectées dans la circulation générale, les unes produisant au contact d'une autre une réaction typique, les autres étant diffusibles après leur introduction dans le sang.

De même que Knies et Ulrich, Stilling se servit de ferrocyanure de potassium qu'il injecta dans le ventre d'animaux. Peu après, il coupait l'optique et recherchait au contact du perchlorure de fer la réaction du bleu de Prusse. Il parvint ainsi à déceler une coloration bleuâtre dans le nerf, mais ce phénomène, qui, du reste ne paraît pas avoir été très net, se montrait cinq minutes après l'injection dans le péritoine, et avait complètement disparu une demi-heure après.

Ce même auteur se servit encore en injection sous-cutanées de fluoresceïne déjà utilisée par Uhtoff, Schöller et Schick. Il obtint ainsi une légère coloration du tronc nerveux. Ayant encore recours à d'autres expériences, il pratiquait après instillations de la même subs-

tance sous la peau, la section et la ligature du nerf. Il remarqua alors une coloration verdâtre assez intense de la papille bien que sur l'autre œil il ne se produisait rien, même après section simple de l'optique. Ajoutons que Stilling se servit pour presque toutes ses recherches de lapins, ce qui nous expliquera par la suite ces particularités.

Plus récemment (1889), Leplat imagina d'employer dans ses recherches sur l'élimination de l'humeur aqueuse la réaction de l'iode sur l'amidon. A cet effet, il injecta sous la peau d'animaux (il s'agit ici encore uniquement de lapins) deux grammes d'iodure de potassium dissous dans l'eau. Après un temps variable il énucléait les yeux, les congelait, et lorsqu'ils avaient atteint un durcissement suffisant les débitait en segments placés aussitôt dans des verres de montre où ils se liquéfiaient. Sur chaque tranche, il versait alors quelques gouttes d'une solution d'empois d'amidon (1), quantité toujours semblable, qui produisant la réaction pouvait ensuite servir de calcul pour l'étude comparative, la couleur variant du bleu au rose selon l'abondance plus ou moins grande d'iode. Il observa qu'après vingt-deux heures en moyenne, l'humeur aqueuse ne contenait plus d'iodure alors que le vitré en renfermait encore au bout de trente-huit heures. Il concluait à la

1. Leplat recommande en attendant le dégel complet de préparer des tubes à réaction contenant une certaine quantité égale pour chacun, d'empois d'amidon à 10/0 auquel on ajoute une goutte d'iodure de potassium en solution à 100/0 et une goutte d'acide sulfurique dilué.

sécrétion par le corps ciliaire d'un courant bifurqué en deux voies. L'un antérieur, constituant l'humeur aqueuse, l'autre, postérieur, se frayant un passage entre les éléments solides du vitré, tombant ensuite dans la région hyaloïdienne centrale d'où le liquide serait déversé autour des vaisseaux centraux et entraîné dans le nerf optique. Ces expériences qui devaient mener Leplat à la conception d'un glaucome postérieur, affirmaient donc l'existence d'un courant centripète dans les gaines péri-vasculaires centrales. Or, les injections d'encre de Chine devaient donner bientôt un appui considérable à cette théorie.

L'emploi des matières pulvérulentes aseptiques fut inauguré par Ulrich et Gifford dans la chambre antérieure de l'œil. Elle ne donna pas cependant au début les résultats espérés, ces auteurs ayant attendu trop longtemps (24 heures) et on leur objecta que les particules colorées avaient pu être transportées par des leucocytes.

Plus tard Ulrich renouvela ses expériences sur le lapin vivant en injectant de l'encre de Chine dans le vitré. Il trouva une heure et demie après la zone péri-vasculaire de la papille remplie de grains noirs qui de là se propageaient dans le nerf, longeant les vaisseaux centraux, pénétrant dans les cloisons conjonctives et tombant enfin dans l'espace vaginal.

Deutchmann qui renouvela les expériences de Gifford en les critiquant, vit se produire le même fait.

Seulement il constata que la trainée noire ne faisait que passer dans l'espace des gaines, et qu'elle sortait

dans l'orbite en suivant toujours la route périvasculaire.

Leber fit des tentatives semblables et obtint des résultats identiques. « Pour réussir cette expérience, dit-il, il faut que la substance colorée soit parvenue au bout de cinq minutes de la face postérieure du cristallin dans le canal central. » Cette route n'était donc décidément que le prolongement intra-nerveux du canal hyaloïdien.

Toutes ces recherches opérées sur une unique espèce d'animaux avaient cependant ému certains auteurs qui n'hésitaient pas à généraliser et à concevoir pour l'homme des voies semblables. C'est alors que parut le travail de Nuel et Benoît.

Pour leurs recherches, ces auteurs se servirent non seulement du lapin, mais du chien et du chat. De plus, ils injectèrent dans le vitré de malades atteint de glaucome et qu'on devait énucléer quelques heures après, quelques gouttes d'encre de Chine rigoureusement aseptique. Ils arrivèrent ainsi à des conclusions très particulières. C'est ainsi que pour le lapin ils retrouvèrent les grains colorés de même que Gifford, qu'Ulrich, Deutchmann, Leber, dans les espaces environnants la veine et l'artère centrale. De même, ces particules noires s'insinuaient dans les septa conjonctifs, rayonnant ainsi autour de l'axe du nerf avec tendance constante à gagner la pie-mère. Mais chez le chien, le chat, et l'homme ils ne purent jamais observer chose semblable, la papille restait libre, l'encre n'était retrouvée que dans les espaces de l'iris et dans les régions de l'angle cornéen. A partir de ce moment, la question de l'existence des

voies périvasculaires du nerf optique s'éclairait d'une lueur inattendue et nous verrons dans la suite comment nos expériences personnelles furent conformes à celles des deux auteurs belges.

CHAPITRE V

Remarques sur les méthodes.

Ainsi que nous venons de le voir dans les chapitres qui précèdent, le nerf optique posséderait au dire de nombreux auteurs :

1° Une chemise lymphatique constituée par le liquide céphalo-rachidien de l'espace sous-arachnoïdien ;

2° Un système de fentes occupant les espaces névro-glitiques ;

3° Une gaine vasculaire entourant les vaisseaux centraux. Par cette voie, le vitré trouverait, pour les uns, une issue. Pour d'autres, elle ne serait que la continuation du canal hyaloïdien renfermant de la lymphe qui serait conduite en dernière analyse dans l'espace intervaginal soit même plus loin, au dehors de la dure-mère, dans l'espace supra-vaginal de Schwalbe et dans l'orbite.

Pour arriver à ces conceptions, les auteurs ont eu recours à des méthodes diverses, de qualités bien différentes. Certaines, comme celles de Priestley-Smith doivent nous inspirer de la méfiance. Il injectait sous pression des liquides dans le vitré. Or, rien ne nous dit

que les voies d'écoulement antérieures aient été complètement oblitérées. De plus, sans parler de la voie de décharge extrêmement hypothétique de l'espace suprachorôidien, nous savons actuellement que les liquides diffusent facilement. Cette objection peut s'appliquer aussi aux expériences de Leplat qui injectait de la vaseline dans la chambre antérieure.

La fluorescéine, mise à la mode par Ehrlich, Pflüger, Schöler et Uhtoff, est une substance qui a des inconvénients. Son apparition dans des endroits si minces que les espaces névroglitiques du nerf optique est difficile à saisir. Elle diffuse trop et cela explique les différences dans les résultats obtenus par d'autres auteurs qui l'ont utilisée pour rechercher les voies d'élimination des liquides intra-oculaires.

La réaction du bleu de Prusse qui consiste à injecter du ferrocyanure de potassium en un endroit déterminé, puis, dans des temps différents de plonger ces organes dans une solution alcoolique de chlorure ferreux, a été surtout employée par Knies, Ulrich et Weiss. Bien qu'elle ait donné des résultats intéressants Schwalbe lui reproche d'être très fugitive pour les grandes voies d'excrétion, de teindre surtout la substance fondamentale du tissu conjonctif, et la substance péri-cellulaire qui unit les endothéliums et épithéliums.

Leplat, dans ses expériences, se servit de la réaction de l'iode sur l'empois d'amidon. Il injectait de l'iodure de potassium, pratiquait des coupes congelées, et à ce moment les mettait en présence de l'amidon. Ce procédé a des indications très spéciales.

Tout autres sont les méthodes consistant en l'emploi de substances pulvérulentes aseptiques et fines qu'on recherche ensuite. La plupart des auteurs, Ulrich, Gifford, Deutchmann, Ovio, Nuel et Benoît se servirent d'encre de Chine. On peut utiliser aussi le carmin d'indigo ainsi que le fit Guillaïn(1) pour les nerfs périphériques. Ce qu'il importe surtout, c'est que les grains colorés soient fins et facilement reconnaissables au microscope.

Restent maintenant les moyens d'investigations par des microorganismes, connus, comme affectionnant particulièrement les voies lymphatiques.

Nuel et Benoît parlent d'un cas de Nuel et Cornil où des streptocoques furent injectés dans l'œil d'un lapin et retrouvés dans les gaines du nerf optique. Cette méthode fut employée par Howen et Laitinien (2) pour des sciatiqes d'animaux. Il s'agissait ici encore de streptocoques. Cette espèce est en effet celle qu'on peut se procurer le plus facilement et qu'on « entraîne » à peu de frais et en un minimum de temps. Nous dirons ce qu'on peut en obtenir sur le nerf optique.

Il est enfin une question importante, c'est le choix de l'animal d'expérience. Il ressort des écrits d'Ulrich, Leber, Gifford, Deutchmann, etc., que la plupart des auteurs se sont servis du lapin, espèce qui se trouve facilement à notre portée. Outre son prix modique, elle a l'avantage de posséder des globes oculaires relativement

1. Guillaïn. *Revue de Neurologie*, 1900.

2. Hoven et Laitinien. *Archives de Ziegler.*, t. XXV. Heft I, 1899.

gros pour la taille et le poids total. C'est chez cet animal que les injections d'encre de Chine dans le vitré ont été retrouvées dans le nerf optique par Ulrich, Deut-
chmann, Nuel et Benoît. Mais il faut ajouter que ces résultats ont été observés chez cet animal seulement.

La déduction que pareils faits peuvent s'appliquer à l'homme et au chien est fausse. Nuel et Benoît nous ont éclairés à ce sujet, et, dans leurs injections d'encre, soit sur des malades qu'on devait opérer de glaucome, soit sur des représentants de la race canine, ils n'ont jamais vu aucune particule noire ni dans le nerf, ni dans ses gaines.

Il faut donc en conclure que le lapin, mammifère du reste assez inférieur, présente une organisation spéciale. A cela on peut ajouter que son système de vascularisation rétinienne étant tout autre que celui des animaux plus haut que lui dans la série, il n'y a rien d'étonnant que son organisme lymphatique soit aussi dissemblable.

En éliminant le lapin, et en n'acceptant que sous toutes réserves les résultats obtenus avec lui, on retrouve la question de la circulation interstitielle du nerf optique presque au même point où l'avait laissée Schwalbe, Axel Key et Retzius après leurs injections anatomiques. Les recherches de Schöler sur les yeux humains fraîchement énucléés, ont en effet le défaut des expériences réalisées, non seulement *post-mortem*, mais encore avec des instruments monométriques qui accusent bien une filtration, mais sont dans l'impossibilité d'indiquer où elle se fait, et si elle n'est pas le simple fait de diffusion pure et simple du liquide intra-oculaire sur un œil privé

de sa tension vasculaire et de son influx nerveux. Au demeurant, comme on peut toujours trouver dans la littérature même, des expériences qui en infirment d'autres, on peut citer à ce propos celles de Leber démontrant qu'un liquide coloré injecté même sous-pression dans le vitré n'a jamais été vu filtrer au dehors de l'œil, ni dans le nerf optique, ni même dans les gaines péri-vasculaires des veines vortecellées.

Du reste, ainsi que nous l'avons déjà dit, lorsqu'on examine la raison première des recherches des auteurs, on voit qu'ils se sont appliqués surtout à trouver des voies d'élimination des liquides de l'œil, en partant de ce principe qu'il devait y avoir un courant constant intrabulbaire et ne perdant jamais de vue la pathogénie du glaucome pour lequel d'innombrables théories ont été émises sans qu'aucune d'elle ait pu rallier l'assentiment presque général. Bien que ces multiples tentatives aient amené des résultats intéressants pour les procès ciliaires et l'angle irido-cornéen, en ce qui concerne les lymphatiques du nerf optique chez l'homme, nous en demeurons aux données anatomiques déjà anciennes, et puisque nous ne pouvons accepter que comme indications les résultats obtenus sur le lapin vivant, nous devons avouer être mal éclairés sur ce point.

Ces considérations nous ont donné l'idée de vérifier avec d'autres procédés les injections de Schwalbe, d'Axel Key et Retzius, de Michel, de Knies. Nous inspirant d'autre part des intéressants travaux de Guillain sur la moelle à l'aide d'encre de Chine, nous avons appliqué sur le nerf optique de chiens les mêmes

méthodes. Pour cela nous injectâmes directement la substance pulvérulente non pas dans le vitré mais dans le tronc lui-même désirant nous rendre compte non pas de l'existence d'un courant de l'humeur aqueuse ou du vitré, mais de celles de fentes lymphatiques proprement dites décrites dans ce nerf.

CHAPITRE VI

Injections du nerf optique avec la masse de Gerota. Technique.

Les techniques suivies pour arriver à l'injection des fentes interstitielles du nerf optique, pour les auteurs qui se sont occupés de cette question sont au nombre de deux principales. Celle de Schwalbe et de ses imitateurs, Smith-Rimpler, Michel, Knies, et celle d'Axel Key et Retzius.

Schwalbe (1) utilisa une solution aqueuse contenant en suspension une proportion assez forte de bleu de Prusse (Berlinerblau). A cette solution, il ajoutait pour l'étendre une certaine quantité de sérum physiologique (Kochlösung). La pression employée était de 20 m/m Hg. pendant huit à dix minutes, puis de 60 à 80 m/m pendant quatre à cinq minutes. Il piquait directement sous la pie-mère.

Knies qui fit pénétrer son injection jusqu'au chiasma

1. Schwalbe. Untersuchungen über die Lymphbahnen des Auges und ihre Begrenzungen. *Arch. f. Mikrosk. Anat.* Bd. VI, 1869 et 1870.

et aux bandelettes prenait un cadavre humain aussi frais que possible. Il enlevait les yeux, le nerf optique, le chiasma et les bandelettes en même temps que la portion cérébrale de la base y attenant. Il plaçait ces organes détachés, dans une cuvette contenant une solution salée à 0,50 0/0. Le nerf optique était coupé au ras de son insertion bulbaire, puis un instrument pointu était introduit dans son axe pour préparer la voie. Il évitait ainsi, disait-il, ce qui se produit avec une seringue de Pravaz, soit une effraction du côté des faisceaux nerveux, soit l'oblitération de la canule elle-même. Il y enfonçait ensuite une canule mousse à laquelle le nerf était solidement lié. Le tout était mis en communication par ajutage et tuyau de caoutchouc avec un ballon rempli de solution de bleu, comme Schwalbe. Dans cet appareil, semblable à celui employé pour les injections de sérum il soufflait de l'air avec une poire et augmentait ainsi sa pression, qui pouvait tenir, disait-il, pendant deux heures.

Axel Key et Retzius donnent extrêmement peu de détails sur leur façon de procéder. Comme matériel ils se sont servis surtout de cadavres humains, et c'est le résultat de ces injections qu'ils présentent. Ils ont eu recours cependant à d'autres animaux et on rencontre dans leurs descriptions des allusions concernant le mouton, le veau, le porc ou le chien.

La plupart de leurs expériences ont été réalisées avec des solutions à base de bleu de Richardson. Comme celles de Schwalbe c'étaient des solutions aqueuses identiques à celles préconisées du reste par Ranvier. Ce qui

fait cependant la différence des méthodes entre celles de Schwalbe et les leurs, c'est qu'ils furent les premiers, semble-t-il, à recourir à des liquides plus pénétrants, tels que les solutions d'asphalte en suspension dans du chloroforme. C'est après avoir eu recours à ce mélange qu'ils décrivirent les gaines vasculaires dans la rétine.

En ce qui concerne nos essais personnels, nous avons utilisé la méthode de Gerota (1) dont la masse infiniment plus pénétrante que les solutions aqueuses fut introduite en France, il y a quelques années, par Cunéo (2) pour réaliser l'injection des lymphatiques de l'estomac, et, sur son conseil servit à Guillain (3) pour les sciatiques du chien.

La masse de Gerota est constituée par un mélange de térébenthine et d'éther auquel on ajoute soit du bleu de Prusse, soit du cinabre, de l'orcanette ou du noir de bougie.

Le choix de la couleur a une grande importance. Il faut que son pouvoir tinctorial soit fort, qu'elle ne diffuse pas, et qu'elle soit bien visible à l'examen microscopique. Le cinabre est lourd, il tombe rapidement, et n'est pas bien vu sur des coupes d'épaisseur moyenne surtout colorées. L'orcanette, le noir de bougie peuvent servir, mais rien ne vaut le bleu de Prusse dont la puissance tinctoriale est considérable. C'est du reste

1. Gerota. Zur Technik der Lymphgefässinjection. Eine neue Injectionsmasse für Lymphgefässe. *Polychrome injection Anat. Anzeiger*, 1896, t. XII, n° 8, p. 216.

2. Cunéo. *Les lymphatiques de l'estomac, etc.* Th. Paris, 1899.

3. Guillain. *Revue de Neurologie*, 1900.

à lui qu'ont eu recours Schwalbe, Knies et Michel.

Pour réaliser une bonne masse de Gerota il faut que la couleur ait été triturée dans l'huile, et soit bien soluble dans la térébenthine. Nous avons constamment utilisé pour notre part le bleu Bourgeois qu'on trouve dans le commerce de façon courante et qui est excellent.

Les quantités sont les suivantes :

1° Mettre 2 grammes de bleu dans un mortier de porcelaine ;

2° Ajouter 3 grammes d'essence de térébenthine pure ;

3° Triturer soigneusement ;

4° Ajouter 15 grammes d'éther sulfurique ;

5° Triturer une seconde fois puis filtrer sur un morceau de flanelle à grains serrés et conserver dans un flacon bouché à l'émeri.

Cette masse doit être toujours fraîchement préparée.

Comme instrumentation, nous nous sommes servis soit de seringues, soit de petits bocks laveurs suspendus à une hauteur variable selon la pression désirée. Le gros obstacle malheureusement au système du bock c'est de posséder, outre l'ajutage de l'aiguille et le récipient, un tube de caoutchouc qui non seulement absorbe, si petite soit-elle, une certaine quantité de liquide, mais surtout est attaqué par l'éther. Il ne s'agit pas évidemment d'usure rapide de la substance, on peut prendre un tube très épais, mais les particules très fines dissoutes par l'éther-térébenthine viennent fatalement se loger dans l'aiguille dont le diamètre doit être absolument capillaire.

La seringue si elle est très petite, si elle est en verre

ou si elle possède un piston en amiante est l'instrument de choix. On peut réaliser avec elle la pression continue en ayant recours, il est vrai, à un tuyau de caoutchouc, mais extrêmement court et étroit. Ce tuyau doit avoir cependant un minimum de 10 centimètres de longueur. Il est entré par friction simple sur la canule, et sur l'ajutage de la seringue. Celle-ci est maintenue sur un petit chevalet en fer à bras mobile. Il est nécessaire qu'elle possède un anneau à la tige du piston et que d'autre part le corps de pompe présente une armature métallique avec deux ailerons. C'est en somme le système de la seringue pour voies lacrymales mais d'une contenance moins grande, — deux ou trois centimètres cubes suffisent amplement. Enfin, on peut utiliser la petite seringue tenue à la main. L'action en est assez brutale, il est vrai, mais les élévations de pression sont diminuées par le calibre très fin des aiguilles.

Pour notre part, nous avons réalisé la pression continue en nous servant de liens élastiques tendus d'une façon égale entre l'anneau de la seringue et ses ailerons. Ces liens n'ont pas besoin d'être épais, ils doivent être naturellement plus ou moins courts suivant la force de descente à imprimer au piston. Il est seulement très important qu'ils soient d'égale longueur et de force, afin d'éviter tout coincement.

Les aiguilles étaient des aiguilles de verre soigneusement étirées à la lampe. Il est très difficile en effet de réaliser avec du métal un conduit de diamètre capillaire.

Enfin, comme matériel anatomique nous avons eu recours à des cadavres d'enfants de un jour à deux mois, aussi frais que possible, mais il est bon de rappeler que la loi, générale en France, s'oppose à toute autopsie sans distinction avant vingt-quatre heures après la mort. Nos injections ont porté sur dix cadavres. Nous nous sommes abstenus de cadavres d'adultes, l'expérience des injections des lymphatiques ayant démontré que sur ceux-ci les résultats étaient bien moins bons.

Cependant, désirant nous rendre compte également de ce qu'on obtient sur les animaux, nous avons répété nos tentatives sur sept lapins et sur deux chiens, sacrifiés quelques minutes auparavant. Les organes injectés étaient immédiatement ensuite plongés dans une solution fixatrice de formol à 20 0/0 puis inclus dans de la celloïdine, et débités en coupes.

CHAPITRE VII

Résultats des injections.

Afin d'aborder le nerf optique nous avons chaque fois enlevé la calotte crânienne et le plafond de l'orbite. Ce travail est facilité chez les enfants par l'état mi-cartilagineux du crâne, et on peut à la rigueur, pour cela, se servir presque uniquement d'une paire de forts ciseaux. Pour les crânes plus ossifiés, il faudra évidemment avoir recours à la gouge et au maillet. Au niveau du trou optique on fera attention de ne pratiquer aucune déchirure, et le mieux, si on craint de léser le nerf, est de ne pas y toucher tout en pratiquant l'ablation de la voûte orbitaire en avant de lui. Rapidement le nerf est ensuite isolé, et le globe fixé en avant. Sous un filet d'eau qui coule continuellement sur la région où l'on opère, on enfonce l'aiguille dans le nerf de 5 à 10 millimètres en arrière du bulbe, la pointe obliquement dirigée en arrière. Sur des sujets très frais le liquide a beaucoup de mal à passer; on doit élever considérablement la pression et attendre assez longtemps. Malgré cela, il est très rare de voir le liquide bleu diffuser bien loin. Sur les 20 nerfs optiques que

nous avons utilisés, nous n'avons dans ces conditions jamais pu atteindre le trou optique. Au contraire, sur des sujets un peu moins frais, les circonstances sont tout autres. En moins de dix minutes, sous une pression moyenne, on voit la masse de Gerota progresser, franchir le trou optique et gagner le chiasma. Quatre fois nous avons même obtenu son passage jusqu'à la moitié de la bandelette du même côté, mais à ce moment le liquide venait sourdre au dehors.

Les nerfs optiques intra-craniens ainsi traités sont franchement bleus, mais nous n'avons jamais pu obtenir l'imprégnation complète du chiasma. Il semble qu'à ce niveau le liquide suive plus volontiers un espace qu'il décolle sous la pie-mère sur les bords du chiasma à l'endroit où il existe des fibres homolatérales. Jamais nous n'avons vu l'injection avoir des vellétés de diffuser du côté de la bandelette opposée suivant les fibres nerveuses croisées. Ce fait doit être dû à la configuration de la névroglie du chiasma. Quoi qu'il en soit, aussitôt l'aiguille retirée, ces nerfs avec le globe et la substance cérébrale attenante au chiasma étaient plongés dans du formol et plus tard inclus dans la celloïdine, de préférence à la paraffine, l'expérience nous ayant démontré que le bleu de Prusse fixé n'était plus dissous par l'éther.

Voici les résultats de l'examen de ces coupes :

Si nous examinons la portion rétrobulbaire et interstitielle de nerfs optiques ainsi injectés nous arrivons à obtenir avec facilité les figures bien connues et reproduites partout d'Axel Key et Retzius. Cependant ces

auteurs ont manifestement schématisé leurs dessins.

Sur des coupes longitudinales de telles préparations nous devons examiner :

1° La façon dont se comporte l'injection vis-à-vis des gaines du nerf optique ;

2° La manière dont la masse de Gerota s'est disposée parmi les faisceaux du nerf ;

3° L'état de la gaine vasculaire des vaisseaux centraux.

a) En ce qui concerne les enveloppes du tronc optique nous n'avons fait aucune tentative bien spéciale. Les expériences anatomiques anciennes de Knies, auxquelles avaient succédé les méthodes physiologiques plus rationnelles nous en ont dispensé. Nous avons cependant fait quelques essais sur le lapin. La description de liquides passant par les gaines périvasculaires des vaisseaux centraux jusqu'à l'espace intervaginal et sus-vaginal nous avait incité à quelques expériences sur cet animal. Or, nous n'avons jamais pu isoler l'espace épidual ou sus-vaginal de Schwalbe. Lorsque la pointe de la canule de verre ne pénètre pas dans la dure-mère le liquide bleu diffuse rapidement de tous côtés et cela avec une pression infime.

Lorsque l'injection était poussée dans la gaine dure-mérienne, le liquide passait aussitôt et avec une facilité extrême par le trou optique et allait baigner la face inférieure du chiasma, parfois même repénétrer dans l'espace sous-arachnoïdien du nerf opposé en minime quantité. Ces faits ne diffèrent en aucune façon de

ceux obtenus déjà de longue date. Leur intérêt est insignifiant.

En ce qui concerne l'endroit de l'entrée des vaisseaux centraux, nous avons pu nous rendre compte par des coupes que jamais la masse de Gerota n'avait de velléité de pénétrer dans le nerf à la faveur de la gaine péri-vasculaire.

Sur des cadaves frais de nouveau-nés le résultat est identique sauf que le liquide a plus de peine pour pénétrer dans le crâne. Bien que n'ayant jamais spécialement injecté les espaces des gaines de l'enfant nous avons cependant pu les remplir, en pratiquant des piqûres dans le tissu interstitiel du nerf. La masse de Gerota, si fluide, diffusait en effet au moment où l'aiguille pénétrait (ce qui pouvait être évité), ou mieux au moment où on la retirait (ce qui était inévitable). Par la blessure faite au nerf il devait refluer également un peu de liquide dans les espaces environnants.

Sur les coupes longitudinales, on voit les deux espaces sus et sous-arachnoïdiens remplis de la masse bleue. Au niveau de leur terminaison à l'insertion bulbaire, le cul-de-sac est légèrement distendu. Il semble que le sus-arachnoïdien descend un peu plus bas. La plupart du temps on n'observe rien d'autre. L'espace supra-choroïdien est libre. Cependant sur quinze injections faites sur des nerfs optiques d'enfants nouveau-nés nous avons deux fois observé la pénétration du liquide jusqu'à l'espace périchoroïdien. Au demeurant, il était bien difficile de dire lequel des deux espaces du sus ou sous-arachnoïdien se mettait ainsi en communication

avec le péricoroïdien, les culs-de-sac s'étant fusionnés. Quoi qu'il en soit, on voyait la couleur non pas suivre parallèlement les faisceaux optiques et aller se jeter dans l'espace péricoroïdien au son de la papille, mais bien décrire une courbe ouverte au dehors, et rencontrer enfin la dite fente lymphatique à environ un millimètre du bord papillaire extrême. Très distinctement, les faisceaux conjonctifs de la sclérotique étaient écartés et les taches bleues s'allongeaient suivant la direction des fibres, formant en longueur une trainée assez importante ayant à peu près l'épaisseur de la choroïde elle-même.

Des deux côtés la disposition était la même, la course à peu près identique, et l'espace supra-choroïdien injecté sur une très faible distance. Bien que de tels résultats aient été interprétés comme une preuve de communication entre les deux espaces, nous pensons que la dilacération artificielle est seule capable de la produire. La largeur inconstante de la dissociation en est une présomption. Elle est vraisemblablement due à une brusque pression produite accidentellement dans les gaines au moment de l'ablation de l'aiguille du centre du nerf. Le peu d'éloignement séparant le fond des culs-de-sac et l'espace péricoroïdien, devait aider à la production de l'accident. Quant à expliquer pourquoi, au lieu de suivre la ligne droite, l'injection a décrit au contraire une courbe avant d'atteindre ledit espace, on peut supposer un point faible de la sclérotique, mais à notre avis ce fait tient surtout à la direction et à la disposition de ses faisceaux conjonctifs.

b) Pour examiner le tronc du nerf lui-même nous pratiquons maintenant successivement des coupes :

1° Au fond de l'orbite ;

2° Au niveau du chiasma ;

3° Au niveau de l'insertion bulbaire.

1° Vers le fond de l'orbite, sur une coupe transversale nous voyons, ainsi que l'ont décrit Axel Key et Retzius, la masse d'injection occuper sous la pie-mère un espace plus ou moins large envoyant entre les gros faisceaux des prolongements, ce qui lui donne un aspect festonné. Nous n'avons cependant jamais obtenu de dissociation de la pie-mère elle-même, circonstance manifestement due à une fausse route. La masse bleue entoure les faisceaux, parfois pénétrant dans leur intérieur, remplissant les espaces névroglitiques. Ajoutons que dans toutes nos coupes ces espaces minces à état normal étaient comme élargis, dilatés par l'injection.

A une certaine distance de l'entrée de l'aiguille, il est extrêmement rare d'obtenir le remplissage complet du nerf optique. On voit alors certaines portions injectées en îlots, toujours plus à la périphérie qu'au centre. Ce fait s'accroît à mesure qu'on approche du chiasma.

Une coupe longitudinale nous montre les faisceaux entourés par le liquide, mais on voit également que les fibres elles-mêmes sont dissociées par l'injection. Des ponts, de véritables anastomoses traversant au-dessus ou au-dessous des fibres font communiquer les traînées colorées entre elles, donnant à ces coupes l'aspect d'un vaste réseau longitudinal.

3° Au niveau du chiasma l'injection est beaucoup plus

capricieuse ; on sent qu'ici le liquide n'a plus pour le guider les fortes charpentes névroglitiques du nerf optique proprement dit. Il paraît s'accumuler en certains endroits, formant là de petits « bleuomes » et dissociant d'autant plus les fibres nerveuses. Généralement, c'est sur le bord externe du chiasma que fuse la couleur. Elle s'étend aussi sous la pie-mère, gagne la bandelette du même côté. Nous n'avons jamais pu obtenir une injection du centre du chiasma. Constamment la masse de Gerota restait cantonnée autour des fibres de la région externe, s'accumulant dans les fentes qui les séparent et les dissociant. Quatre fois la couleur pénétra dans la bandelette mais formant là de véritables petits laes, et finissant par sortir et suinter au dehors. Bien que ce fait puisse paraître un insuccès, nous estimons qu'il présente cependant un intérêt réel, étant donné que la bandelette et le chiasma où cela se produisait étaient continués par un nerf optique présentant lui au contraire l'injection type. Ceci nous montre donc l'influence de la trame conjonctive. Épaisse et abondante dans le nerf, elle bride et canalise l'injection ; faible et de disposition différente au chiasma et dans les bandelettes elle laisse dissocier brutalement les faisceaux qu'elle ne peut plus protéger.

c) En ce qui concerne la portion rétro-bulbaire du nerf optique, sur une vingtaine d'yeux d'enfants qui nous ont servi, cette région s'est trouvée chaque fois injectée. Au reste, comme nous plantions toujours l'aiguille à un centimètre environ en arrière du trou optique c'est

done en partie par un flux rétrograde de la masse de Gerota que cette région du nerf se remplissait. Il est nécessaire d'ajouter que le résultat n'était pas toujours atteint avec un égal succès. Ainsi que nous l'avons déjà dit cela tenant toujours à la force de la pression et surtout à la fraîcheur du sujet. Sur une bonne injection, on voit les faisceaux et beaucoup de fibres nerveuses entourés par la masse colorée, puis au niveau de la lame criblée, l'aspect change. Toutes ces fibres conjonctives émanant de la sclérotique sont environnées elle aussi par le liquide. Il s'ensuit un aspect scalariforme, des radiations transversales qui donnent le dessin de la « laminacribosa ». En deçà, du côté de la papille, les fibres nerveuses dépouillées de leur myéline sont séparées l'une de l'autre par de grosses traînées bleues qui les suivent dans la région péripapillaire formant là en effet la figure étoilée dont parlent Schwalbe et Michel. L'injection ne les accompagne cependant jamais bien loin, elle fuse sous la rétine qu'elle décolle, ou pénètre un peu du côté du vitré.

Tels sont les résultats que nos injections nous ont donnés, nous procurant les mêmes figures que celles que Schwalbe, Michel, Axel Key décrivent. Doit-on cependant conclure comme eux que les espaces injectés sont de véritables voies lymphatiques ? Nous ne croyons pas qu'on puisse avec les injections résoudre le problème. Sans préjuger en rien de l'existence vraie ou fausse de ces fentes lymphatiques nous nous bornerons maintenant à faire la critique de cette méthode anatomique.

Il ne faut pas perdre de vue tout d'abord, que nous avons affaire ici non à des voies canaliculées comme les lymphatiques qui aboutissent à des ganglions mais à un système d'espaces extrêmement mal définis, absolument dépourvus d'endothélium et invisibles au microscope. Il s'agissait donc de les rendre perceptibles en les remplissant à l'instar de ce que l'on fait pour les capillaires. Pour cela, on commence par piquer au hasard, dilacérant malgré les plus grandes précautions quelques faisceaux nerveux. On fait alors agir la pression. La pression doit être relativement très forte. Schwalbe l'élevait, dit-il, jusqu'à 80 millimètres de mercure ce qui est beaucoup quand on songe qu'il ne se servait pas d'aiguilles particulièrement fines. Bien plus net, est l'aveu d'Axel Key et Retzius. Ces auteurs ne disent-ils pas en effet, en commençant la description des résultats de leurs expériences : *« Lorsque la pointe de la canule est parvenue sous la gaine piale chez l'homme, en employant une faible pression on n'obtient pas à proprement parler une injection. Lorsqu'on emploie une pression un peu plus grande, le liquide pénètre le long des gaines et se réunissant de tous côtés fait une enveloppe au nerf.*

« Cependant, le liquide ne s'éloigne pas de la gaine. Ce n'est que lorsqu'on emploie une pression plus forte que le liquide pénètre. On voit la masse s'étendre entre les faisceaux du nerf et d'insinuer dans les fentes... »

Ainsi donc : pression faible sans résultat aucun ; pression moyenne suivie de diffusion du liquide seulement sous la pie-mère ; enfin, troisième degré : ce

n'est que par une pression très forte que l'injection commence à pénétrer plus loin.

Quant à nous, en faisant usage d'une masse plus diffusible que celles de nos prédécesseurs, nous étions en droit d'espérer un passage plus facile. Or, sans recourir à de très fortes pressions, il nous a fallu en nous servant du bock, élever le récipient de 0 m. 50 à 1 mètre. Dans ce cas, on doit, il est vrai, faire un peu aussi la part du diamètre extrêmement fin de nos aiguilles de verre. Malgré cela, la force du jet était incontestable et bien supérieure à celle que nous avons vu utiliser pour l'injection des lymphatiques canaliculées.

Rappelons encore que Knies avait recours à un autre artifice de préparation. Il commençait par sectionner le nerf optique, puis dans l'axe creusait avec une grosse aiguille, un trajet dans lequel il enfonçait ensuite une canule de la dimension d'une aiguille de seringue de Pravaz ordinaire, c'est-à-dire d'un diamètre bien large pour un tel travail. Il donnait ensuite de la pression en envoyant de l'air dans le ballon contenant la masse d'injection et attendait ensuite un temps assez long l'effet produit !

Et maintenant quelles sont les constatations que nous donne l'examen histologique ? Nous voyons des espaces contenant à l'état normal la névroglie et les cellules conjonctives, soudainement occupés par l'injection. De très étroits qu'ils étaient ils deviennent huit ou neuf fois plus larges. Or, ces espaces contiennent également presque tous, ainsi que nous l'avons décrit dans la première partie de ce travail, des capillaires ou des vais-

seaux, véinules ou artérioles. En supposant la réplétion de ce système vasculaire canaliculé comme cela existe normalement sur un sujet vivant il ne resterait en vérité qu'un espace ultra-microscopique que l'injection aurait bien du mal à traverser. Il est malheureusement impossible sur un même sujet de réaliser l'injection double. Il faudrait bien entendu commencer par l'injection artérielle, attendre que la masse soit solidifiée dans les capillaires. Or on ne peut arriver à ce résultat que par une fixation rapide et énergique et on n'obtiendrait rien ensuite sur un nerf ainsi traité.

Enfin, on doit remarquer encore ce qui se passe au niveau du chiasma. Le beau réseau du nerf optique devient alors incohérent. Il se produit là une véritable dilacération des fibres nerveuses. Bien plus, ces gaines lymphoïdes qui devraient les accompagner sur tout leur trajet, les abandonneraient. Jamais l'injection n'a de velléité de traverser le chiasma. Or s'il est admis maintenant, presque universellement, que les fibres optiques qui s'entrecroisent sont très nombreuses chez l'homme, on devrait voir leurs chemises lymphatiques les accompagner. Au lieu de cela, le liquide reste sur le côté externe. Il entoure bien encore quelques faisceaux, mais décolle plus volontiers la pie-mère. Enfin dans les bandelettes la fantaisie de l'injection est à son comble. Dans cette région très éloignée du fond d'entrée de l'aiguille, où la pression doit être par conséquent très affaiblie, on voit de petites suffusions, des bléuomes ponctiformes qui se sont formés au milieu de cette substance déjà cérébrale et plus pauvre en éléments de soutien.

Si l'extrémité centrale du nerf optique nous dévoile certaines particularités de la méthode, son bout périphérique nous fournit aussi d'intéressantes constatations.

D'abord du côté des gaines, la communication accidentelle et manifestement artificielle de l'espace intervaginal et de l'espace supra-choroïdien. Nous avons aussi obtenu quelquefois (5 fois sur 20 cas) cet artifice de préparation. Nous nous en sommes déjà expliqué.

Plus intéressantes sont les considérations que peuvent nous suggérer l'aspect de la lame criblée. Sur une bonne injection en effet, chaque fibre de la « laminacribosa » nous apparaît entourée par le liquide bleu, et, comme elles ont une direction perpendiculaire à l'axe du nerf, il s'ensuit une figure scalariforme dont les échelons sont beaucoup plus rapprochés à cet endroit que par ailleurs. Or si on veut bien admettre que chaque fibre nerveuse possède sa gaine lymphoïde, doit-on également décrire la même formation pour chaque fibre conjonctive ?

Ces différentes constatations doivent donc, à notre avis, faire le procès de la méthode brutale des injections anatomiques utilisées dans le but de démontrer l'existence ou l'absence des espaces lymphatiques des nerfs.

Nous pensons donc que le liquide se fraye un chemin dans le tissu névroglie qu'il dissocie. Tant que le tissu conjonctif, très abondant dans le nerf optique, le bride, il suit les faisceaux et les fibres. Mais quand ces mêmes barrières viennent à manquer ou quand leur faiblesse est trop grande comme dans le chiasma et les

bandelettes, alors il diffuse irrégulièrement et s'accumule même dans les points particulièrement peu résistants.

Enfin, ce qui paraît appuyer encore cette opinion c'est l'état de fraîcheur du sujet. Nous avons cherché partout dans l'ouvrage d'Axel Key et Retzius et nous n'avons trouvé aucune indication sur les cadavres dont ces auteurs se sont servis. Schwalbe, Michel disent les avoir pris le plus frais possible. Or quel est ce degré de possibilité? Nous savons que, pour les adultes surtout, les règlements européens sont formels et n'autorisent les nécropsies que vingt-quatre heures après la mort. Dans certains pays, comme l'Allemagne, on peut cependant, exceptionnellement, par consentement de la famille, devancer l'heure légale. Malgré cela, chacun sait les variations de la décomposition cadavérique, et tel sujet, mort vingt-quatre heures auparavant sera suivant la température, la maladie dont il est mort, ou très avancé ou très frais. Semblable aléa n'existe pas pour les animaux sur lesquels on peut procéder, alors que leur mort remonte à quelques minutes, à toutes les expériences d'injection désirables. Or dans nos essais personnels et en nous servant d'une pression très moyenne nous n'avons jamais obtenu de résultats soit sur les chiens soit sur les lapins encore chauds. Au contraire l'injection passait sur des nerfs optiques de chiens morts depuis la veille.

D'autre part, les dix cadavres d'enfants sur lesquels nous avons opéré avec succès étaient presque tous des nouveau-nés de zéro à dix jours. Tous étaient décédés depuis vingt-quatre heures, mais tous n'étaient pas dans

un état de conservation identique. Or l'injection, dans les mêmes conditions de pression, passait indubitablement bien mieux sur ceux dont la fraîcheur était moindre. De là à supposer que pour obtenir une réussite certaine on doive laisser le temps au tissu névrogliotique de s'altérer il n'y a qu'un pas. Puisqu'il ne s'agit pas ici de canaux lymphatiques proprement dit il ne saurait être question de rappeler que Sappey réalisait ses belles injections au mercure, en se servant de sujets adultes en état de décomposition avancée, car à cela on peut répondre que les travaux récents de Cuenéo, Marcille ont au contraire porté sur des cadavres d'enfants nouveau-nés frais en utilisant la masse de Gerota. Or c'est la même technique que nous avons employée en l'adaptant aux nécessités des voies optiques.

CHAPITRE VIII

Expériences personnelles sur les animaux vivants.

En refusant d'accorder aux injections anatomiques une valeur démonstrative quelconque pour résoudre la question des fentes lymphatiques du nerf optique, nous ne saurions pourtant dès à présent nier l'existence de ces espaces. Nous nous sommes bornés à faire la critique du procédé sans toucher à la conception physiologique de ces voies très peu connues. Au demeurant, le nerf optique posséderait, malgré sa structure spéciale, des fentes semblables à celles que Friedmann, Obersteiner, Palatino, Klebs, Rossbach, Schwalbe, Guillaïn ont mentionnées plus récemment dans les nerfs périphériques.

Les méthodes expérimentales sur lesquelles s'appuient ces auteurs sont au nombre de deux principales :

1° Injections sur un animal vivant de micro-organismes susceptibles d'être entraînés par le courant de la lymphe ;

2° Injections *in situ* de substances pulvérulentes aseptiques.

Le premier procédé fut, entre autres expérimenta-

teurs, employé plus particulièrement par Howen et Laitinien dans leurs expériences que nous avons déjà mentionnées sur le lapin. Ils découvraient le sciatique de ces animaux, injectaient dans le nerf une goutte ou deux d'une culture de streptocoques, et quelques heures après retrouvaient les micro-organismes dans les voies lymphatiques des nerfs (?), dans les ganglions spinaux, les racines rachidiennes et la moelle elle-même. En ce qui concerne le nerf optique, semblable procédé paraît avoir été employé par Nuel et Cornil sur le même animal. Il s'agissait d'une injection dans le vitré de streptocoques qui furent retrouvés surtout dans l'espace inter-vaginal.

Il est vraiment malheureux cependant que les expérimentateurs se soient toujours servis de ce mammifère qu'il est évidemment très facile de se procurer mais dont les voies périvasculaires et périfasciculaires ne sont nullement semblables à celles du chien, du chat, de l'homme.

Nous avons cependant voulu faire à ce sujet quelques essais en injectant la culture, non pas dans le vitré mais dans le tronc optique lui-même. Nous nous sommes servis pour cela d'une culture de streptocoques fraîche, entraînée sur le lapin et provenant du laboratoire Besredka de l'Institut Pasteur.

■

Expérience N° 1.

Lapin de 2 kgr. 370. Une résection de 3 à 5 millimètres de largeur du rebord orbitaire est pratiquée du

côté droit afin de pouvoir pénétrer jusqu'au nerf optique. Le globe est attiré en avant avec un gros crochet mousse passé sous le nerf. Avec une aiguille très fine et une seringue à vis, nous faisons pénétrer dans le nerf optique une goutte de la culture. La plaie est tamponnée et l'animal laissé en repos.

Quinze heures après, l'animal est dans un état de prostration qui ne laisse aucun doute sur son degré d'infection générale. Il est cependant sacrifié.

Le tissu péri-nerveux est œdématié et tous les organes orbitaires sont hyperhémisés fortement. L'examen histologique montre que les micro-organismes ont envahi un peu partout. On en trouve dans le vitré, dans le nerf, disséminés sans ordre, et dans les gaines.

Enfin le sang recueilli dans le cœur, et ensemencé sur de la gelose d'ascite, reproduit une culture pure de streptocoques.

Expérience N° 2.

La culture employée est, cette fois-ci, ancienne de quatre jours. Lapin de 2 kgr. 800. Même procédé de résection du rebord orbitaire et injection dans le nerf d'une goutte de liquide. L'animal est sacrifié dix heures après; le globe et le nerf fixés aussitôt.

L'examen microscopique montre qu'ici encore, les micro organismes ont diffusés d'une manière très irrégulière. On en trouve dans le nerf non loin de l'endroit inoculé. Plus loin, il n'y en a que fort peu. En revanche on en trouve beaucoup dans l'espace intervaginal et dans le vitré.

Expérience N° 3.

Lapin de 2 kgr. 500. Injection par les mêmes procédés d'une goutte de culture fraîche. L'animal est sacrifié sept heures après. L'examen histologique montre une quantité très forte de streptocoques dans l'espace intervaginal. En amont de la piqûre, également quelques micro-organismes, mais seulement très près du lieu d'inoculation.

Ces trois expériences sont sujettes à deux graves critiques. C'est ainsi qu'en ce qui concerne les injections de microbes, la pénétration dans le nerf directement, doit fatalement laisser derrière elle, en faisant pénétrer ou ressortir l'aiguille, un ensemencement de l'espace intervaginal qu'il faut traverser. D'où présence en abondance des streptocoques en cette région, et probablement ainsi leur diffusion plus rapide. Enfin, en admettant que sur le lapin on arrive à démontrer ces micro-organismes dans certaines parties du nerf à l'exclusion d'autres, on ne pourrait surtout pas en tirer les conclusions en ce qui concerne l'homme. La méthode est donc mauvaise pour le nerf optique.

Le second procédé consiste à injecter dans les nerfs une substance pulvérulente à grains fins et strictement aseptique, puis de sacrifier l'animal quelques heures après, de fixer les organes, d'en pratiquer des coupes histologiques, et de voir jusqu'où sont parvenus les grains colorés. Parmi les auteurs qui ont eu surtout recours à cette méthode pour les nerfs périphériques il faut citer Guillaumin qui s'en servit sur des sciatiques de chiens et de

lapins. Ce même auteur applique encore le même procédé à la moelle dans le but de faire des recherches pathogéniques concernant la syringomyélie. Pour cela, il prit de préférence des chiens, et après leur avoir ouvert partiellement le canal rachidien injectait quelques gouttes d'encre de Chine dans les cordons postérieurs.

Sacrifiant l'animal ensuite dans un temps variable, il constatait que les corpuscules noirs se trouvaient de 5 à 6 centimètres plus haut, au-dessus de l'endroit où on les avait déposés. « Au-dessous, dit-il, on ne trouve pas de granulations. Celles-ci ont tendance à se diriger vers le canal de l'épendyme et on en voit du reste dans l'intérieur de ce canal. Quelques-unes le contournant se trouvent aussi dans la gaine périvasculaire de l'artère du sillon antérieur. Dans aucun cas on ne voit les grains dans les cordons antéro-latéraux (1). »

La grande ressemblance du nerf optique et de la moelle nous donna l'idée d'effectuer les mêmes expériences sur le tronc optique. Ici en effet, il n'y avait plus rien à craindre concernant l'ensemencement des espaces de gaines. De plus, les voies optiques du chien se rapprochant beaucoup d'après les auteurs de celles de l'homme, les résultats devaient présenter quelque intérêt.

D'autres expérimentateurs, Gifford, Priestley-Smith, s'étaient cependant servis d'injections d'encre de Chine pour rechercher du côté du vitré les voies d'écoulement de l'humeur aqueuse, et ils avaient pu, mais *sur le*

1. Guillaïn. *Loco citato*. *Revue de neurologie*, 1900.

lapin seulement, obtenir le passage des granulations dans le nerf.

Extrêmement instructif est à cet égard le travail de Nuel et Benoît. Ces auteurs, après avoir expérimenté de nouveau sur cet animal, trouvèrent l'encre partiellement pénétrée dans le nerf optique. Une partie de cette encre avait fusé autour des vaisseaux centraux leur constituant un fourreau noir dans toute l'étendue de leur passage dans le nerf. L'autre s'écartait de ce dernier parcours pour rayonner plus loin jusque sous la gaine piale dans les fentes périfasciculaires.

Dans toutes ces recherches, les granulations étaient absolument libres, et non ingérées par des leucocytes. Ces mêmes auteurs ajoutent ensuite.

« Rien de pareil cependant ne semble se produire chez les autres animaux soumis à nos expériences sans en excepter l'homme.

Sauf pour le lapin il n'y a pas trace de granulations d'encre de Chine dans le nerf optique, ni même d'accumulation véritable au-devant de la papille. Du reste, il n'existe pas chez eux des fentes autour des vaisseaux centraux comparables à celles du lapin. Aussi, en dehors de cet animal soit chez le chien, le chat, l'homme, si ce courant existe il doit être extrêmement faible. On ne peut donc s'appuyer sur ces expériences en ce qui concerne la pathogénie du glaucome dit postérieur de même pour la théorie migratrice de l'ophtalmie sympathique (1). »

1. Nuel et Benoît. *Loco citato*. Archives d'ophtalmologie, avril 1900.

Ces lignes sont explicites. Cependant, dans un but de contrôle, avant d'entreprendre nos injections dans le tronc optique lui-même nous avons voulu répéter sur le chien, les expériences de Nuel et Benoit, en attendant, avant de sacrifier l'animal, un temps plus long.

Expérience N° 1.

Jeune chien de 10 kgr. 500. Injection avec toutes les précautions aseptiques désirables d'une goutte d'encre de Chine dans le vitré. Pour éviter une hypertension, si légère soit-elle, nous avons pratiqué immédiatement auparavant une ponction de la chambre antérieure. L'aiguille introduite dans le corps vitré avait été, d'autre part, enfoncée assez profondément afin d'approcher autant que possible la région du canal hyaloïdien, et éviter que l'encre ne restât cantonnée à la périphérie. De plus, nous nous sommes efforcés de rester à peu près à égale distance entre le cristallin et la papille.

Douze heures après, l'œil est énucléé, fixé selon les règles avec du formol et inclus consécutivement dans la celloïdine avec soin. La portion du nerf attenant au bulbe est de 18 millimètres environ.

Examen histologique :

Les coupes sont au préalable soumises à l'action d'une solution de permanganate à 0,75 0.0 pendant vingt-quatre heures puis plongées dans une autre solution d'acide oxalique à 1/300, afin d'obtenir la décoloration de tout pigment. Elles sont examinées non colorées puis colorées, afin de pouvoir mieux percevoir les

granulations d'encre les plus fines en évitant de rendre l'interprétation plus difficile par la teinture foncée des noyaux.

L'encre est venue s'accumuler surtout sur la face postérieure du cristallin. On ne peut en percevoir aucune accumulation devant la papille. Les vaisseaux rétinien sont exempts d'inflammation, et dans les gaines lymphoïdes qu'on leur a décrit on ne peut percevoir non plus aucune trace de granulations. L'encre a fusé dans la chambre antérieure, mais est venue s'accumuler dans des espaces du ligament pectiné sans qu'on puisse en rencontrer encore dans l'humeur aqueuse. Ces trainées sont fixes.

Enfin dans le nerf optique, malgré des recherches attentives et répétées sur de nombreuses coupes, il nous a été impossible de déceler du noir de fumée dans quelque région que ce soit, aussi bien dans les espaces périfasciculaires que dans les périvasculaires.

Expérience N° 2.

Chien de 13 kilogrammes. De même que pour le précédent et avec les mêmes procédés, injection dans le vitré d'une goutte d'encre de Chine. Énucléation six heures après en gardant environ 10 millimètres de nerf.

Examen histologique :

De même ici, nous avons encore une accumulation de l'encre derrière le cristallin. Il est bien difficile cependant de dire s'il y en a plus ou moins que dans le cas précédent.

Aucune accumulation devant la papille. Mêmes traînées dans la région de l'angle irido-cornéen. Rien autour des vaisseaux réiniens.

Enfin, dans le nerf optique, absence absolue de grains d'encre.

Ainsi donc, dans ces deux expériences et confirmant en cela les mêmes recherches de Nuel et Benoît sur le chien, nous n'avons trouvé aucune granulation d'encre de Chine, ni dans le nerf optique, ni dans ses gaines. Les espaces périvasculaires nous ont paru complètement indemnes et nous n'avons trouvé de traînées noires que du côté de l'angle irido-cornéen et en arrière du cristallin. Reste à savoir si certaines particules extrêmement fines de noir de fumée avaient pu échapper à nos investigations.

Il est en effet des cas où il est bien difficile, malgré le soin apporté au nettoyage des coupes, de décider si on se trouve en présence d'un véritable grain d'encre ou si on a simplement sous les yeux une minuscule poussière. De plus, on doit logiquement aussi supposer que le rasoir a pu entraîner loin de leur situation primitive quelques granulations. Si donc on peut se baser sur la présence au même endroit de plusieurs corpuscules, il ne faut attacher aucune importance à ceux que l'on voit isolés.

CHAPITRE IX

Injectons d'encre de chine dans le tronc du nerf optique.

Pour réaliser ces expériences nous nous sommes servis de chiens jeunes, bien portants et de moyenne taille. Nous leur avons administré la dose réglementaire d'atropine-morphine, puis nous les avons endormis au chloroforme, préférant cette méthode à celle de l'injection de chloralose dans les veines, comme nous donnant une plus grande résolution des muscles du globe.

Pour aborder le nerf optique, nous avons pratiqué, après avoir rasé et nettoyé la région, une incision de cinq centimètres environ partant de l'angle palpébral externe et allant dans la direction de la racine de l'oreille du même côté. On tombe ainsi infailliblement vers le milieu du ligament orbitaire dont la section laisse pénétrer largement dans les cavités orbitaires, réalisant là, en quelque sorte, une opération parfaite de Kraske, après que l'on a ensuite écarté et sectionné certaines portions du muscle temporal si volumineux chez le chien. On repère ensuite avec facilité le nerf optique qu'on d'nude soigneusement, sans brutalité, avec une sonde cannelée en attirant le globe en avant.

Nous avons utilisé comme aiguilles, des pointes en acier du même diamètre que celles employées couramment pour les injections sous-conjonctivales. Il faut cependant que ces pointes, tout en piquant bien, ne soient pas trop longues pour ne pas dilacérer le nerf. Il faut pour cela réduire le biseautage à son minimum.

Enfin, nous nous sommes servis d'encre de Chine de préférence au carmin d'indigo dont les particules sont trop grosses. Nous avons toujours fait les solutions nous-mêmes. On obtient ainsi, outre l'assurance de la nature du liquide vecteur, une diversité fort utile dans la taille des grains. Les gros peuvent être, en effet, arrêtés à certains endroits là où peuvent passer les plus petits. Nos solutions étaient ensuite réduites par l'ébullition prolongée jusqu'à consistance presque sirupeuse. Il importe, en effet, d'obtenir une concentration maxima afin d'injecter une quantité très minime.

Expérience N° 1.

Jeune chien de 14 kilogrammes. Énucléation trois heures et demie après l'injection. Après avoir saisi le nerf optique, sous un crochet qui tire en même temps le globe en avant, nous injectons une goutte d'encre, en ayant soin d'enfoncer bien perpendiculairement à l'axe. L'aiguille est vivement retirée afin d'éviter de déposer en passant des grains dans l'espace intervaginal. Du reste au moment de l'opération, le nerf est coudé sur le crochet et les gaines tendues sont appliquées sur le tronc optique.

Après ablation de l'aiguille, le petit point noir qui indique son entrée est lavé doucement avec de l'eau stérilisée. La plaie qui, du reste ne saigne pas, est tamponnée légèrement.

Trois heures et demie après, le globe est énucléé avec la totalité du nerf optique orbitaire, ce qui est facilement réalisable avec l'instrument de Joseph. On a ainsi derrière le bulbe, une longueur de nerf qui, suivant la taille de l'animal, atteint de 0 m. 025 à 0 m. 040.

Fixation de la pièce dans le formol à 20 0/0. Inclusion dans la celloïdine. Avant de soumettre le bloc au microtome nous l'avons plongé pendant assez longtemps dans de la glycérine afin d'obtenir le plus de translucidité possible et repérer l'endroit de la piqure.

Examen histologique.

Premières séries de coupes faites successivement 0 m. 015, 0 m. 013, 0 m. 010, 0 m. 008, 0 m. 006 et 0 m. 004 au dessus du lieu de piqure. Aucune trace d'encre de Chine n'est perceptible dans le tissu interstitiel. On rencontre seulement quelques granulations dans l'espace intervaginal. Aucune dans la dure-mère.

A 2 millimètres au-dessus du point d'injection malgré un examen très attentif on ne trouve rien de plus.

A 1 millimètre au-dessus enfin, on rencontre dans le segment inférieur du nerf, une tache noire qui est le prolongement postérieur de la goutte injectée. Cette tache est cependant bien circonscrite ; elle n'a aucune tendance à l'étalement et les septa névroglitiques et conjonctifs sont vides d'encre de Chine.

Rien du côté des vaisseaux ni comme granulations ni comme diapédèse.

Expérience N° 2.

Chien de 15 kilogrammes. Énucléation quatre heures et demie après l'injection.

Examen des coupes 0 m. 017, 0 m. 015, 0 m. 013, 0 m. 010, 0 m. 008, 0 m. 006 en arrière du point injecté. Aucune trace d'encre de Chine dans le tronc nerveux. Seulement quelques grains dans l'espace sous-arachnoïdien et appliqués contre la pie-mère; 4 millimètres au-dessus, cette couche de granulation de l'espace intervalaire devient plus dense, mais rien n'est visible dans le tissu nerveux interstitiel.

Entin à 1/2 millimètre en arrière, le lieu d'injection devient perceptible mais les septa sont toujours libres. Les vaisseaux n'indiquent aucun phénomène d'inflammation.

Pour plus de sécurité et afin d'éviter toute cause d'erreur, nous avons aussi fait quelques coupes près du point d'entrée de l'aiguille mais cette fois du côté du bulbe.

Les résultats sont aussi négatifs.

Expérience N° 3.

Chien de 12 kilogr. 500. Énucléation cinq heures et demie après l'injection.

Examen des coupes 0 m. 012, 0 m. 010, 0 m. 008, 0 m. 006, en arrière sans autre constatation que la présence de grains d'encre dans l'espace sous-arachnoï-

dien. Sur les coupes, faites 4 millimètres en arrière seulement, les granulations deviennent plus abondantes dans cet espace. A ce niveau cependant nous notons quelques grains dans la dure-mère qui ne semblent pas cependant être en relation avec les vaisseaux.

Toujours rien dans le tissu interstitiel jusqu'à ce que les coupes arrivent au voisinage immédiat du point d'injection. Rien également du côté du segment bulbair du nerf.

Expérience N° 4.

Chien de 16 kilogr. 50. Énucléation six heures et demie après l'injection.

Coupes faites 0 m. 018, 0 m. 019, 0 m. 013, 0 m. 011, 0 m. 009, 0 m. 007 et 0 m. 005 en arrière du point d'entrée de l'aiguille.

De même que pour les expériences précédentes pas de grains dans le tissu du nerf. Au contraire, on en trouve d'abondants dans l'espace sous-arachnoïdien et davantage plus on se rapproche du point d'injection.

A 4 millimètres, constatation intéressante de trainées dans la dure-mère, et surtout la présence d'une ligne noire entourant complètement une assez grosse artériole. Les grains sont appliqués sur la tunique externe du vaisseau, répartis dans une épaisseur à peu près égale. Dans les autres vaisseaux, artères ou veines de cette tunique, on ne voit cependant pas d'autre trace d'encre de Chine.

En examinant les coupes sériées de cette région, nous constatons la présence toujours identique de cette cein-

ture noire. Il n'y a rien dans le tissu interstitiel du nerf. Par contre dans le tissu cellulaire péri-dural il y a des traces noires libres.

A 3 millimètres, toujours cette même artère et sa collerette. Nombreux grains dans l'espace sous-arachnoïdien contre la pie-mère. D'autres gros vaisseaux existent à ce niveau dans la gaine durale. Les plus gros n'ont aucune granulation dans leur zone péri-adventitielle. On note encore entre les faisceaux conjonctifs de la gaine des traces d'encre qui paraissent avoir tendance à se localiser autour des vaisseaux plus petits.

Toujours rien dans le tronc même du nerf. A 2 millimètres on trouve une tache noire non loin du centre du tronc nerveux, c'est le prolongement du point d'injection. Aucune tendance cependant ni à l'étalement, ni au rayonnement dans les septa conjonctivo-névrogliques. Nombreuses granulations dans l'espace intervaginal. Présence plus abondante d'encre également dans la dure-mère. La même artériole et son enveloppe noire est toujours visible, mais l'encre est ici disposée plus irrégulièrement. Sur un des côtés du vaisseau il y a une tache plus foncée, assez forte, qui rompt la symétrie de la collerette noire. Il semblerait que c'est cette tache qui s'élimine par la voie péri-vasculaire.

De même ici, en ce point, il existe dans la dure-mère d'autres trainées noires qui ont tendance à se disposer dans le voisinage des vaisseaux de petite taille. Les gros sont cependant absolument indemnes et aucun grain n'est visible dans leur zone périadventitielle.

Rien à noter dans le segment bulbaire du nerf.

Expérience N° 5.

Chien de 14 kilogrammes. Énucléation douze heures après l'injection.

Coupes faites 0 m. 020, 0 m. 018, 0 m. 015, 0 m. 012 montrent les espaces stellaires du nerf indemnes de granulations.

Rien également dans la dure-mère, seulement on voit dans l'espace sous-arachnoïdien accolé à la pie-mère quelques leucocytes renfermant de petits grains d'encre.

A 10 millimètres les granulations deviennent assez abondantes dans l'espace intervaginal. Sur les deux parois on trouve ici pas mal de globules blancs. Toujours rien de perceptible dans le nerf lui-même.

A 5 millimètres la quantité des cellules lymphoïdes augmente considérablement dans l'espace intervaginal. Toutes sont bourrées de grains noirs. On trouve encore cependant ça et là des granulations libres mais en très petite quantité.

Il est encore à noter que presque toutes les cellules phagocytaires sont appliquées contre la dure-mère. Elles forment par leur accumulation à cet endroit une masse sombre. Il n'y en a que quelques-unes sur le côté pie-mérien.

La dure-mère elle-même enfin renferme entre ses faisceaux de nombreux leucocytes, contenant eux aussi des grains d'encre. Quelques-uns sont agglomérés en petits tas entre les faisceaux conjonctifs. Ils paraissent manifestement provenir de l'intérieur se dirigeant vers le tissu orbitaire.

Toujours rien du côté du nerf optique proprement dit.

A 3 millimètres en arrière du point d'injection cependant l'aspect de la coupe du nerf optique change. A un faible grossissement on voit déjà de petites trainées noires dans les cloisons conjonctives interfasciculaires, et particulièrement dans le centre des espaces stellaires d'un des segments. Il ne semble rien y avoir dans l'intérieur des faisceaux secondaires.

A un plus fort grossissement, on se rend parfaitement compte que l'on a affaire à des granulations d'encre de Chine, les petits corpuscules sont surtout localisés autour des vaisseaux dont la lumière, toute petite, apparaît sur des coupes transversales, au centre des espaces stellaires. Ils sont localisés sur la paroi externe de l'adventice qui apparaît comme hypertrophiée. Ces granulations ne sont pas libres. Elles sont contenues dans des corps cellulaires qui semblent se rapprocher davantage des cellules conjonctives que des leucocytes.

D'autre part, on retrouve dans les sillons, faisant suite aux centres stellaires, quelques-unes de ces cellules contenant des granulations, mais aucune n'est visible dans l'intérieur des faisceaux secondaires, c'est-à-dire en contact immédiat avec les fibrilles nerveuses.

A 1 millimètre enfin nous tombons sur le prolongement antérieur de l'injection. Ici l'espace sous-arachnoïdien contient des granulations abondantes, les unes libres, les autres déjà phagocytées.

Il résulte de ces expériences que la chose la plus constante, celle qui n'a jamais fait défaut, c'est la présence

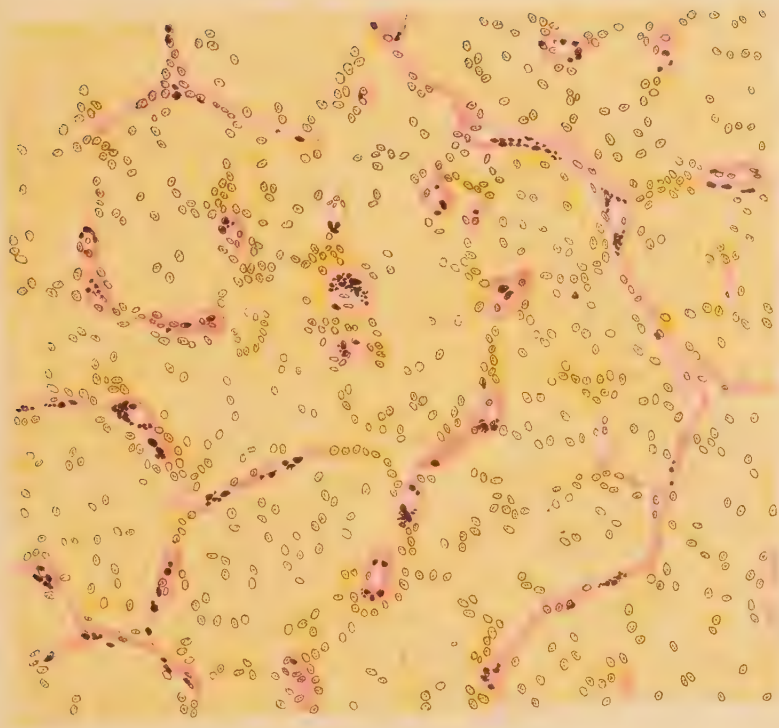
de granulations dans l'espace sous-arachnoïdien. Les grains étaient les uns libres, tant que l'énucléation fut pratiquée six heures après l'injection. Au bout de douze heures la plupart de ces particules étaient à ce moment déjà intracellulaires. Malheureusement pour la théorie qui voudrait voir dans les espaces séreux des gaines de véritables voies lymphatiques, on peut supposer (et cela est très probable), que ces grains existant dans ces espaces y ont été déposé en passant, lors du retrait de l'aiguille du centre du nerf. La présence d'encre de Chine à cet endroit est donc sans valeur.

Dans les expériences 4 et 5, nous voyons des particules noirs dans la dure-mère proprement dite. Dans la dernière, la plupart étaient intracellulaires et provenaient manifestement de la face interne.

Cette constatation est intéressante car elle confirme ce que Dupuy-Dutemps avait déjà vu, c'est-à-dire la tendance constante des phagocytes à gagner le tissu orbital en sortant de la gaine durale.

Du côté du tronc nerveux nous n'avons saisi aucun changement dans les quatre premières expériences. Ce n'est qu'après avoir attendu douze heures et dans les coupes rapprochées (3 millimètres) du lieu d'injection que nous avons pu voir des traînées d'encre. Ces traces étaient parfaitement visibles, et occupaient les espaces stellaires et les branches de ces espaces dans tout un segment de nerf examiné. Les granulations d'encre étaient dans ces endroits localisés uniquement autour des petits vaisseaux, et leur formaient une sorte de ceinture sur la face externe de leur gaine adventi-

Ocul. comp. Ziess, n° 6. Objectif Leitz 6. Coupe transversale d'un nerf optique de chien 3 millimètres en arrière du point d'injection d'une goutte d'encre de Chine. Énucléation douze heures après. La coupe a été colorée au Van Guison et les stries roses représentent les espaces stellaires conjonctivo-vasculaires du nerf optique. C'est autour des vaisseaux dont on voit la lumière coupée transversalement que sont localisées les particules d'encre. Autour des vaisseaux nerveux il n'y a aucun corpuscule étranger.



tielle. Ces particules noires n'étaient cependant pas libres. Elles étaient intracellulaires, et dans un corps protoplasmique paraissant appartenir beaucoup plus à des cellules conjonctives qu'à des leucocytes.

Dans les branches faisant suite aux espaces stellaires on reconnaissait les mêmes corps cellulaires que ceux situés autour des vaisseaux. Ils étaient en bien moins grand nombre mais parfaitement perceptibles.

Ce fait de voir de l'encre autour des vaisseaux (il ne s'agit pas de vaisseaux centraux) se trouve dans l'expérience 4 mais dans la dure-mère. Nous voyons en effet à cet endroit une grosse artériole entourée de grains noirs, mais ceux-ci sont libres. Par contre, rien n'est perceptible dans le tronc nerveux; la pie-mère ne contient de son côté aucun corps étranger.

Ainsi donc, le tissu interstitiel du nerf qui contiendrait après un temps suffisant des grains d'encre est le tissu conjonctif. Dans l'intérieur des faisceaux secondaires en contact avec les tubes nerveux il n'y aurait rien d'anormal, et aucune granulation susceptible d'être perçue. Il ne faut pas oublier cependant que ce tissu conjonctif est dans le nerf optique la portion vasculaire. Chaque région stellaire contient son vaisseau et chaque strie qui en part renferme aussi de fines branches. D'autre part, on peut se trouver en présence de phénomènes de phagocytose conjonctive classique qui fait partie des stades inflammatoires. Nous ne pensons pas cependant qu'il y ait là une véritable inflammation. L'encre était soigneusement aseptique et les soins opératoires furent très surveillés. Du reste, cela n'expli-

querait pas bien la présence de granulations libres autour d'un vaisseau assez gros de la dure-mère comme dans l'expérience n° 5.

Guillain affirme que dans la moelle il assiste à l'ascension dans les cordons postérieurs de grains d'encre de Chine, mais il dit également avoir vu la localisation certaine des particules dans la gaine de l'artère du sillon. Ce dernier fait est à rapprocher de nos constatations pour le nerf optique.

Au demeurant, la question des gaines périvasculaires n'est pas une nouveauté. Depuis Robin, His, Boll nous avons été accoutumés à les considérer comme les voies lymphatiques probables des centres. Seulement, doit-on se figurer ces gaines comme des chemises à double paroi conjonctives (nous savons qu'on n'y a jamais décelé d'endothélium) où circule librement du liquide? Nous ne le croyons pas. Il doit en être des vaisseaux du nerf optique et du globe oculaire ce qu'il en est des artères en général. L'histologie moderne en effet a plus tendance que jamais à considérer tous les vaisseaux de notre organisme comme entourés d'un tissu conjonctivo-lymphoïde, qui réagit et contribue aux phénomènes inflammatoires. Peut-être cette chemise lymphoïde est-elle pour l'œil et les centres nerveux plus développée qu'ailleurs. Peut-être aussi a-t-elle été mieux perçue dans ces organes? Ce sont là choses vraisemblables.

Ainsi donc, dire que dans le nerf optique il existe des courants lymphatiques circulant dans les espaces injectables par les méthodes de Schwalbe nous semble bien hasardé. Nous dirons de préférence qu'il y a dans

le nerf optique des gaines lymphoïdes vasculaires situées dans les espaces stellaires conjonctifs. Ces gaines qui existent également pour les vaisseaux des gaines, occupent dans le tronc nerveux les espaces qui sont des espaces vasculaires par excellence. Les injections fines que nous avons pratiquées chez l'enfant nous ont donné en effet l'assurance que chaque cloison conjonctive si petite soit-elle, transportait un conduit sanguin, fût-il infiniment capillaire. L'irrigation sanguine du nerf optique, beaucoup plus grande que ce l'on décrivait jusqu'à présent, constitue donc en même temps le réseau lymphoïde. Le tissu réticulé périadventitial devient la fameuse gaine conçue par Robin et His, mais l'espace n'est pas vide. Un liquide peut-il filtrer dans la trame qu'il occupe? Ce n'est pas impossible mais nos préparations nous ont en tous les cas donné la certitude que les grains d'encre de Chine sont trop gros pour y passer librement. En serait-il de même pour des micro-organismes? Cette question sera sans doute résolue plus tard. Nous pensons cependant que si les microbes eux-mêmes ont beaucoup de chance d'être ingérés par le rôle phagocytaire des cellules, en tous les cas leurs toxines n'ont pas les mêmes raisons d'être arrêtées en route.

Existe-t-il cependant malgré cela un courant de lymphes circulant au milieu du feutrage névroglitique des fibrilles nerveuses? Nous ne le pensons pas. En tous les cas les méthodes imaginées jusqu'à présent pour en démontrer l'existence sont absolument incapables de le démontrer.

CHAPITRE X

CONCLUSIONS

PREMIÈRE PARTIE

Circulation artérielle du nerf optique et du chiasma.

Nerfs optiques, chiasma et bandelettes reçoivent leurs artères de sources différentes.

Au nerf optique on doit considérer deux zones. Une intra-orbitaire, irriguée par des affluents de l'artère ophtalmique, l'autre intra-cranienne partageant la même source vasculaire que le chiasma. Quant à la bandelette, elle est alimentée dans sa partie postérieure par une artère bien définie, la choroïdienne antérieure, et constitue un troisième territoire faisant suite aux deux autres.

Le chiasma emprunte ses artères à la carotide interne directement pour sa face latérale et antéro-inférieure. Sa face supérieure est irriguée par un certain nombre

de branches de la cérébrale antérieure ou de la communicante antérieure. On voit particulièrement deux artères assez volumineuses descendre paires et symétriques de chaque côté. Les plus externes qui sont les plus grosses se prolongent sur les nerfs optiques et, suivant la face supérieure, atteignent le foramen optici en s'épuisant graduellement.

Les ramifications de ces vaisseaux forment le réseau pie-mérien lequel est renforcé au bord adhérent du chiasma sur d'autres petites artérioles provenant des cérébrales antérieures.

La face inférieure du chiasma reçoit dans l'immense majorité des cas une artère, née soit de communicante postérieure, soit directement de la carotide. Ce vaisseau se divise en deux branches, l'une destinée à la pituitaire, l'autre abordant la portion chiasmatique de la bandelette. Celle-ci atteint ensuite la face antérieure du chiasma et se termine en se ramifiant à ce niveau.

La bandelette reçoit ses artères de deux sources, selon qu'on considère sa portion antérieure ou la postérieure. En avant, elle reçoit des affluents de cette artère optico-hypophysaire dont nous venons de parler. En arrière, elle est nourrie par la choroïdienne antérieure. Ce vaisseau volumineux qui se met en rapport intime avec elle, lui envoie d'abord de petits rameaux qui perdent leur indépendance dans la pie-mère. En plus de ceux-ci, elle alimente le tissu profond des bandelettes par des branches nées de ces artères thalamiques qui s'enfoncent dans la profondeur en traversant au nombre de deux ou trois les tractus optici.

Le nerf optique intra-orbitaire enfin possède des branches collatérales de l'ophtalmique, qui s'insinuent dans sa gaine durale avant d'aborder le réseau pial. Une des artérioles née soit du tronc originel, soit de la centrale, soit de vaisseaux ciliaires, constitue la première branche issue de l'ophtalmique ; elle est destinée uniquement à la gaine externe du nerf. D'autres naissent plus bas, soit des ciliaires internes soit des externes, et plongent dans la profondeur, rejoignant après un très court trajet superficiel, le réseau pie-mérien qu'elles abordent le plus souvent en bas et au dedans.

A ce système qui fournira des branches pénétrant de dehors en dedans il faut ajouter celui de l'artère centrale de la rétine. Celle-ci pénètre dans le tronc optique d'enfants nouveau-nés de 5 à 7 millimètres en arrière de l'insertion bulbaire, après un trajet caché dans l'enveloppe durale. Elle gagne immédiatement le centre du nerf, donne des rameaux et parvient à la papille où elle émet ses divisions terminales rétinien-nes. Il est exceptionnel, croyons-nous, qu'elle fournisse des branches à la lame criblée.

Les capillaires que l'on rencontre dans le nerf optique, chiasma et bandelettes, proviennent du réseau pie-mérien qui s'étale à la surface. Formé de mailles polygonales larges, en renfermant à leur tour de plus fines, il constitue le réservoir intermédiaire aux grosses artères et aux branches interstitielles. Au milieu des fibres nerveuses les artérioles se comportent d'une façon identique. Les unes longues, les autres courtes, elles pénètrent plus ou moins loin dans le nerf. Elles se partagent

alors en deux branches, l'une descendante, l'autre récurrente, formant une sorte de T. Sur ces rameaux en naissent d'autres qui se comportent de la même façon jusqu'à épuisement, et l'artère centrale de la rétine ne paraît pas échapper à cette règle que commande les nécessités topographiques des éléments nerveux.

Dans le nerf optique, les cloisons conjonctives contiennent les vaisseaux. Il n'en est pas une qui ne possède le sien, et les ponts transversaux servent de voies de pénétration. Dans la région de la lame criblée, les cloisons se resserrent, deviennent plus nombreuses, mais les vaisseaux sont alors très minces. Ils proviennent du système cilaire et sont dirigés dans un sens radiaire. Ceux-ci s'épuisent rapidement sans se diviser en branches descendantes ou récurrentes, ce sont en un mot des vaisseaux de la sclérotique, et non des branches nourricières de fibres nerveuses.

Dans le chiasma, la disparition de presque tout tissu conjonctif influe un peu sur le mode de répartition des capillaires artériels. Ils sont plus onduleux et leur disposition pour identique qu'elle soit, est moins typique. Il en est de même pour les bandelettes.

Ces artères sont-elles des branches terminales ? Il est très difficile d'apporter à ce sujet des preuves décisives, mais tout indique cependant qu'il en est ainsi. Peut-être même le réseau pial n'est-il pas anastomotique. En tous les cas, dans nos expériences, nous avons trouvé une indépendance artérielle selon trois zones. L'une pour la choroïdienne antérieure, l'autre pour les branches irriguant le chiasma et les nerfs optiques jus-

qu'au trou osseux ; enfin une troisième pour le territoire ophtalmique orbitaire.

Le fait que ces artérioles doivent être terminales se retrouve dans leurs fines ramifications. En les suivant, on peut se convaincre que ce que l'on prend le plus souvent pour des anastomoses sont, ou des branches de division pénétrant plus en avant par étage, soit une continuation avec des veinules. Il n'y aurait donc pas d'anastomoses entre artères dans le nerf optique.

DEUXIÈME PARTIE

Circulation lymphatique.

La circulation lymphatique du nerf optique est une question d'autant plus obscure que les auteurs ont voulu assimiler les humeurs intraoculaires à la lymphe et au liquide céphalo-rachidien sans que des preuves suffisantes viennent établir cette identité. Il y aurait ainsi dans le nerf optique :

1° Un système de gaines séreuses, intra-arachnoïdien et sous-arachnoïdien, ce dernier étant comme son homologue de l'encéphale le plus vaste. Dans cette cavité s'écoulerait la lymphe du vitré qui emprunterait la gaine des vaisseaux centraux avant de se déverser dans la cavité garnie d'endothélium. De là elle se dirigerait, pour les uns, vers le trou optique, pour d'autres franchirait la dure-mère à travers un système de stomates

et s'écoulerait dans un pseudo espace supra-vaginal et dans l'orbite.

2° Un système de gaines vasculaires dont la seule un peu connue serait celle entourant la veine et l'artère centrale du lapin.

3° Un système interstitiel circulant dans les espaces injectables résultant des recherches de Schwalbe, Michel, Axel Key et Retzius.

Dans l'espoir d'élucider quelques points de cette question nous avons eu recours aux divers moyens de recherches connus, qui sont :

a) Des injections cadavériques dans le nerf lui-même.

b) Des injections de micro-organismes dans le tronc nerveux.

c) Des injections de matières pulvérulentes aseptiques dans le vitré pour voir si les particules se retrouvaient dans le nerf.

*1° Les injections de matières pulvérulentes aseptiques
dans le tronc lui-même.*

a) Les injections cadavériques ont porté sur vingt nerfs optiques d'enfants de 0 à 1 mois. Nous nous sommes servi au lieu des masses aqueuses du liquide de Gerota plus diffusible à base d'éther et térébenthine.

Nous avons pu reproduire aussi les figures classiques d'Axel Key et Retzius, où l'on voit la substance injectée occuper les espaces névroglitiques du nerf.

Cependant nous pensons que cette méthode est bru-

tales et que les résultats qu'elle donne sont erronés. Le liquide moule en effet les faisceaux secondaires du nerf, en s'insinuant parfois dans leur intérieur, mais cet aspect n'est obtenu que grâce à la présence des cloisons conjonctives qui servent de barrière à l'injection, et la canalisent. Le liquide dilacère la névroglie mais ne peut vaincre la résistance des fibres conjonctives. Ainsi au chiasma, alors que ces fibres viennent à manquer, la façon dont se dispose l'injection est incohérente. Elle décolle la pie-mère occupant la couche névroglitique superficielle, s'étale en petites suffusions entre les fibres nerveuses qu'elle dissocie. On peut ainsi obtenir, en poussant derrière le bulbe, la sortie du liquide par la bandelette correspondante, mais cette injection déjà obtenue (par un autre procédé) par Knies n'a aucune valeur scientifique.

Une autre présomption contre ce procédé anatomique c'est qu'il n'est possible que sur des cadavres. Or au cours de nos essais nous avons remarqué que l'injection ne passait bien que sur ceux dont l'état de fraîcheur n'était pas absolument parfaite. Il ne saurait cependant s'agir ici de décomposition au sens commun du mot. Seulement, en faisant des tentatives sur des animaux immédiatement après la mort, nous avons constamment échoué, tandis qu'en attendant vingt heures nous parvenions à faire passer le liquide. Ajoutons que la pression employée était toujours une pression moyenne.

b) Nous avons reproduit aussi les expériences de Nuel et Benoît sur le chien en attendant plus longtemps pour

pratiquer l'énucléation. Pour cela nous avons injecté avec tous les soins aseptiques désirables une goutte d'encre de Chine dans le vitré en nous efforçant de la déposer vers le centre du globe dans la zone du canal hyaloïdien. Malgré l'examen le plus attentif nous n'avons vu passer aucune granulation dans le nerf. La papille était absolument libre et aucune accumulation d'encre, si petite soit-elle, n'était visible à cet endroit.

Ce passage des corpuscules dans le tronc optique n'est donc possible que sur le lapin seulement.

c) Nous inspirant les expériences faites sur les nerfs périphériques nous avons tenté d'injecter dans le tronc même du nerf optique des micro-organismes pour voir dans quelle direction et dans quels endroits ils se propageaient. Nous nous sommes servis à cet effet de streptocoques.

Malheureusement ces résultats sont sans valeur, l'animal d'expérience étant le lapin qui possède un système particulier. De plus les injections dans le tronc même du nerf infectent fatalement, lors du retrait de l'aiguille, les espaces des gaines, hâtant ainsi la diffusion des germes, et faussant les conclusions possibles. C'est pour cette raison que nous n'avons pas renouvelé nos tentatives sur d'autres animaux.

d) Enfin nous nous sommes servi de matières pulvérulentes injectées directement dans le nerf. A cet effet, nous avons utilisé des chiens dans le tronc optique desquels nous avons déposé une goutte aseptique d'encre de Chine. Ces animaux ont été sacrifiés trois heures et demie, quatre heures et demie, cinq heures et demie, six

heures et demie et douze heures après l'injection. Les organes énucléés étaient alors fixés, inclus et coupés en séries. Jusqu'à cinq heures et demie après l'opération nous n'obtinrent d'autres résultats que la présence de grains d'encre dans l'espace intervaginal. Ces grains étaient libres et vraisemblablement déposés à cet endroit loin du retrait de l'aiguille qui avait instillé la goutte dans le tronc nerveux.

Dans les pièces enlevées six heures et demie après l'injection nous n'avons observé aucun changement ni aucun corps étranger dans le tissu fasciculé ou stellaire du nerf optique, mais les grains d'encre étaient abondants dans l'espace sous-arachnoïdien, et se retrouvaient également dans la dure-mère. Ces grains étaient libres, et en un point présentaient un aspect très particulier autour d'un vaisseau de cette membrane dont ils entouraient presque complètement la tunique adventitielle.

Enfin, dans les pièces enlevées douze heures après le dépôt de la goutte d'encre dans le nerf, nous trouvons les grains de l'espace intervaginal phagocytés en grand nombre. De même de nombreuses cellules lymphatiques bourrées de granulations se voyaient dans la gaine durale. Ces grains donnaient bien l'impression d'avoir été pris dans la cavité sous-arachnoïdienne et entraînés à cet endroit.

Le point le plus intéressant de ces dernières coupes, fut cependant la présence dans le tissu interne du nerf optique de traînées d'encre visibles trois millimètres en

arrière du point d'injection. Les granulations noires étaient localisées dans les espaces stellaires conjonctifs et dans les rayons qui émanent de ces espaces, constamment occupés par des vaisseaux, si petits soient-ils. Nous avons pu voir dans ce cas présent les corpuscules d'encre autour de la gaine adventitielle de plusieurs artérioles coupées transversalement. Ces gaines n'étaient pas libres, mais bien intra-cellulaires, paraissant bien avoir été englobées par des cellules plus conjonctives que lymphatiques. On retrouvait d'autres de ces cellules dans les cloisons coupées longitudinalement. Mais, malgré les recherches les plus attentives, il nous fut impossible de déceler d'autres petits corps étrangers dans les faisceaux secondaires du nerf, en contact avec des fibres nerveuses.

Nous pensons donc que les méthodes connues sont incapables de nous renseigner sur le point de savoir s'il existe un courant actif de lymphé dans les espaces névroglitiques du nerf optique. Ces espaces sont bien le siège des œdèmes, mais ce fait pathologique n'implique pas forcément existence d'une circulation physiologique normale de lymphé. Nous croyons, en revanche, que la conception des gaines péri-vasculaires se rapproche plus de la réalité des faits. Cependant on ne doit pas les considérer comme des chemises lymphatiques, où circule librement du liquide.

L'histologie moderne tend de plus en plus à assigner à chaque vaisseau de l'organisme une gaine conjonctivo-lymphatique.

Peut-être ces gaines sont-elles plus développées pour

les centres nerveux et les organes qui en dépendent. Le nerf optique posséderait les siennes. Ce ne serait donc pas une exception et les organes visuels rentre-
raient dans la règle générale.

Vu : le Doyen,
LANDOUZY

Vu : le Président de la thèse,
RECLUS

Vu et permis d'imprimer :
Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris
L. LIARD

BIBLIOGRAPHIE

Première Partie

Sur les artères du nerf optique.

- ARNOLD. — Handbuch der Anatomie des Menschen. *Friburg*, 1847.
- BARKOW. — Blutgefäße der Säugethiere, 1866. T. XXXVII.
- BIETTI. — *Archiv. f. Augenheilkunde*. T. XXXIX, 3 p. 260.
- BLANDIN. — Traité d'Anatomie topographique, 2^e édit., *Paris*, 1834.
- BEAUNIS ET BOUCHARD. — Éléments d'Anatomie descriptive et d'Embryologie. *Paris*, 1880.
- CRUVEILHIER. — Traité d'Anatomie descriptive. *Paris*, 1871, t. III.
- DEYL. — Über der Eintritt d. Art. cent. relin. beim Menschen. *Anatomis Anzeiger*. T. XI, 687-692.
- DUBRUEIL. — Des anomalies artérielles. *Paris*, 1847 p. 95.
- DURET. — Recherches anatomiques sur la circulation de l'encéphale. *Archives de Physiologie*, 1874.
- FOWCETT. — The origin and intracranial course of the optic artery. *Journ. of Anat. and Physiol.* Vol. XXX, New Series.
- HEUBNER. — Die Luetische Erkrankung der Hirnarterien. *Centralblatt*, n° 52, 1874.
- HENKEL. — Lehrbuch der Anatomie des Menschen. *Wien*, 1878.

- KRAUSE. — *Arch. f. ophtalm.*, XXI 1.
- KUHUT. — Zur Kenntniss des Sehnerven und der Netzhaut, *Archiv. f. ophtalm.*, XXV 3.
- LAUTH. — *Mémoire de la Société d'Histoire naturelle de Strasbourg*. Paris, 1833.
- LEBER. — *Handbuch des gesamten Augenheilkunde*, dorn. Édit. Fasc. 20, 21, 22.
- LUSCHKA. — Die Anatomie der Gleider des Menschen. Tübingen, 1865.
- MAYER. — Zur Anatomie der Ciliararterien. *Morphologischer Jahrbuch*, 414-456.
- MERKEL. — In *Græfe-Sæmisch. Handbuch des gesamten Augenheilkunde*, I, Leipzig, 1874.
- MICHEL. — Lehrbuch d. Augenheilkunde. T. II, Borgmann. Weisbaden.
- POIRIER ET CHARPY. — *Traité d'Anatomie humaine. Angéiologie et Névrologie*.
- ROCHON-DUVIGNAUD. — *Encyclopédie française d'ophtalmologie*, tome I.
- SCHWALBE. — Lehrbuch des Anatomie des Auges. Erlangen, 1887.
- STRAHL. — *Anatomis. Anzeiger.*, t. 14, p. 297.
- TESTUT. — *Traité d'Anatomie humaine. Organes des sens*, 2^e éd.
- TIEDEMANN. — *Tabul. art. corp. humani. Supplementa*, 1824, t. XI, p. 3.
- VOSSIUS. — Beiträge zur Anatomie des Opticus. *Arch. f. Ophthalmol.*, XXIX, 4, 119 et 2, p. 45.
- WESTPHAL. — *Arch. f. Psychiatrie*, XXIX, 2.
- WILBRAND UND SAENGER. — Neurologie des Auges, t. III, p. 33.
- ZINN. — *Descriptio anatomica oculi humani. Zweite vermehrte Auflage Göttingen*, 1780, p. 194.
- ZUKERKANDL. — Zur Anatomie der Orbitalarterien. *Wiener Medecinis Jahrb.*, 1876, p. 344.

Deuxième Partie.

Sur la circulation lymphatique.

- ALBERT UND SCHNITZLER. — Einige Versuche über Hirndruck.
— *Internat. Klin. Rundschau*, VIII.
- AUGELUCCI. — Fonctions nutritives de l'œil. *Encyclopédie française d'ophtalmologie*. Paris, Doin, 1905.
- BENOIT. — Lymphabflusswege am hinteren Pol des Auges.
Beilag. f. Zeitschr. f. Augenheil, II, p. 14 et Verh. d. IX^e Kongr. zu Utrecht.
- BIRNBACHER UND CZERMAK. — Beiträge zu pathologische Anatomie und Pathogenesè des Glaukoms. *Græj's Arch. f. Ophtalm.* XXXII, 2 p. 101 et t. XXXII 4 p. 30-33.
- CANTONNET. — Contribution à l'étude des échanges osmotiques entre les humeurs intra-oculaires et le plasma sanguin. Th. Paris, 1905.
- DEUTCHMANN. — Zur Pathog. der sympathisch. Ophtalm. *Von Græj's Archiv. f. Ophtalm.*, XXX 3 (1884).
— Zur Pathog. der symp. Ophtalm. *Centralbl. für Augenheil.*, 1899.
— Fortgesetzte Versuche und Untersuchungen über Ophtalm. Migratoria. *Deutsche Beiträge zur Augenheil. Helft*, X, 1893.
- DUPUY-DUTEMPS. — Pathogénie de la stase papillaire dans les affections intro-craniennes. Th. Paris, 1900.
- FALKENHAIN U. NAUNYN. — Über Hirndruck. *Arch. f. experimental. Path. und. Pharm.*, XXII, p. 261-305.
- FORLAMINI. — Injections sous la gaine du nerf optique.
— *Annali di Optalm.* 1871, I, p. 41-46, 327-334 et 581-594.
- FOSTER. — Un cas de distension des gaines du nerf optique par le liquide céphalo-rachidien. *Académie de médecine de New-York*. Séance du 21 nov. 1904.
- FUCHS. — Beiträge zur Anatomie des Augapfels. *Archiv. f. Opht.*, XXX 4 p. I.
- GIFFORD. — Über die Lymphströme des Auges. *Archiv. f. Augenheil.*, t. XVI, p. 421-428.

- GIFFORD. — Weitere Versuche über die Lymphströme des Auges. *Arch. f. Augenheilk.*, XXVI, p. 315-318.
- GUILLAIN. — Sur la syringomyélie. Th. de Paris, 1902.
- HENKEL. — Anatomie. *Hefte von Meckel u. Bonnet X*.
- HIS. — Die Lymphgefäße der Retina. *Verhandt. d. naturf. Gesel. Basel*, IV, 2, p. 256.
- *Archiv. f. Anatom. u. Physiol. Anat. Abt.*, p. 230, 231.
- HOWEN ET LAITINIEN. — *Archiv. de Ziegler*, t. XXV, H. I, 1899.
- JACOBY. — (Sur la Névrogliose du nerf optique) *Klinisch. Monatsb. f. Augenheilkunde*, février 1905, p. 129.
- KRAUSE. — *Arch. f. Ophthalm.* XXI, 1.
- KNIES. — *Klinisch. Monatsbl. f. Augenh.*, 1882, XX, p. 288, 290.
- Zur Lehre von den Flüssigkeitströmung in lebenden Auge. *Wirschow's Archiv.* LXV, p. 401-409.
- Über die Ernährung des Auges und die Abfluswege des intraocularen Flüssigkeit. *Arch. f. Augenh. u. Ohren.*, VII, p. 320-370.
- KNOLL. — Über die Druckschwankungen in der Cerebralfüssigkeit. *Sitzungsberichte d. Wiener Akad. d. Wissensch. Kl.* XCIII, p. 217-248 (1886).
- KUHNT. — Injectionen an Leichen zur Entscheidung der Frage ob injizierte Flüssigkeiten von intravaginal Raum des Opticus der einen Seite in den die Andere übergehen. *Sitzungsberich. d. 13^e oph. Ges.* p. 92-98.
- KUHNT. — Zur Kenntniss der Zehnerven und der Netzhaut. *Arch. f. Opht.*, XXVI 3, p. 179.
- LANGER. — Ist man berichtigt, den Perichoidealraum und Tenonchen Raum als Lymphsröme aufzufassen. *Sitz. d. Wiener Akad. Wiss. Math. Natur. Klin.*, 15.
- LEBER. — Bemerkungen über die Circulationsverhältnisse des Opticus u. Retina. *Arch. f. Ophthalm.*, XVIII 2.
- Handbuch des gesamten Augenheilk. Fasc. 20, 21, 22 voir 57 et 58.
- LEPLAT. — Nouvelles recherches sur la circulation du liquide intraoculaire. *Annales d'oculist.*, 1889.
- MANTZ. — Experimentelle Untersuch. über. Erkr. des Seh-

- nerv. in Folge von intrakran Kanxeit. *Arch. f. Opht.*, XVI, p. 265, 296.
- MANTZ. — Über Sehnervenerkrankungen bei Gehirnleiden. *Deutsches Arch. f. Klinik. Med.* IX, p. 339, 357.
- MARCKWORT. — Experimentelle Studien über Läsionen des N. opt. *Arch. f. Augenheilk.* X, p. 269 (1881).
- MICHEL. — Beiträge zur nähren Kentnis. der hinteren Lymphbahnen des Auges. *Græf's Arch. f. Ophtalm.*, p. 127, 154, XVIII, 1.
- MUSGROWE. — The blood vessels and the Lymphatics of the Retina *Ref. Jahr. f. ophtalm.*, 1893, 15.
- NIESNAMOFF. — Über die quantitativen Verhältnisse des Filtration und Sekretion des Kammerwassers V. *Græf's Arsh. f. Opht.* XLII, p. 125.
- NUEL ET BENOIT. — Des voies d'élimination des liquides intra-ocul. hors de la chambre ant. et du fond de l'œil. *Arch. d'ophtalmologie*, avril 1900.
- OPIN. — Notes sur quelques points de technique relative à l'examen du nerf optique par la méthode de Marchi. *Arch. ophtalm.*, janvier 1904, p. 38.
- Les gaines du nerf optique dans un cas de méningite tuberc. *Soc. opht. de Paris*, 3 février 1907.
- OVIO. — Consideratione sulla nutrizione del corpo vitreo. *Congr. Med. int. de Rome*, 1894.
- PANAS. — Note sur la structure de l'espace vaginal du nerf optique. *Société de Biologie*, 1887.
- PFISTER. — Über Form und Grösse des Intervaginal des Sehnerv, im Bereich des Canalis opticus. *Arch. f. Ophtalm.* XXXVI, 1-83.
- PRIESTLEY-SMITH. — On the escape of fluide, etc. *Ophtalm. Rev.* Juillet, 1888.
- QUINCKE. — Zur Physiol. d. Cerebrospinal Flüssigkeit., *Arch. f. Anat. und Physiol.*, 1872.
- RABISCH. — Sur les glandes de la papille optique. *Klinische Monats. f. Augenheil.*, V, XLIII, janvier 1905, p. 172.
- ROCHON-DUVIGNAUD. — Encyclopédie franç. d'opht. t. I. *Nerf optique*, p. 666-711.

- ROHMER. — Encyclopedie française d'ophtalmologie, t. I. *Corps vitré*, p. 531.
- RUSSI. — Die Umschümrung des N. opt. und deren Folgen für Auge. *Inaug. Dissert. Bern.* 70, 1881.
- SCHMIDT-RIMPLER. — Zur Entstehung des Stauungspapille bei Hirnleiden. *Arch. f. Ophtalmol.* XV 2, p. 193-197.
- SCHOELER. — Experimentelle Studien über Flüssigkeitsausscheidung aus dem Auge *Græj's Arch. f. Ophtalm.* XXV, p. 63-118.
- SCHWALBE. — Untersuchungen u. die Lymphbahnen des Auges und ihre Begrenzungen. *Arch. f. Mikrosk., Anat.*, 1870, p. 1.
- Über Lymphbahnen des Netzhaut und des Glaskörpers. *Berichte über d. Verhandt. Math. phys. Kl. d. K. Sächs. Ges. d. Wissensch.* zu Leipzig, 1^{er} juin 1872.
 - Der Arachnoïdalräume ein Lymphraum und sein Zusammenhang mit dem Perichoidalraum. *Centralbl. t. d. Med. Wissensch.* n° 30.
 - Lehrbuch der Anatomie des Auges, p. 122, Erlangen, 1887.
- SICARD. — Les injections sous-arachnoïd. et le liquide céphalo-rachidien. Th. Paris, 1900.
- STADERINI. — Lymphat. du corps vitré. *Annali di ophtalm.*, XIX, 5-6.
- STILLING. — Mitteilung über die Folgen der Unterbindung des Sehnerven *Sitzungsbericht d. oph. Gesel.*, p. 16.
- Über die Pathog., des glaucoms. *Arch. f. Augenheilk.* XVI, 1886.
 - (A propos de l'élim. de l'humeur aqueuse par le n. opt.) *Archiv. f. opht.*, vol. XV, 1869.
- STRAHL. — *Anatomisch. Antzeiger*, Bd. 14, p. 297.
- SUYDACKER. — Différentes façons d'invasion du n. opt. dans le gliome de la rétine. *Arch. of ophtalmologie v.* XXX, p. 2.
- ULRICH. — Über abflusswege des Glaskörpers. *Wiener Klinisch. Wochenschr.*, IX.
- Über Staunungspapille und Ödem des Nervenst.

- Archiv. f. Augenheilk.* XVII, p. 30-54 (Recherches sur la ligature du n. optique). 1887.
- ULRICH. — Neue Untersuchungen über die Lymphströmung im Auge. *Archiv. f. Augenheilk.* XX, p. 270-307 (1889).
- UHTHOFF UND SCHLÖER. — Das Fluoresceine und seiner Bedeutung für den Flüssigkeitswechsel des Aug. *Jahresber. d. Prof. Schlæler Aug. Klin.* Berlin, 1882.
- VENNEMAN. — Encyclopédie française d'opht., t. I, p. 444.
- VOSSIUS. — Beiträge zur Anat. des Opticus. *Arch. f. Ophtalm.* XXIX, p. 4-119 et XXIX 2, p. 45.
- WEISS. — Zur Flüssigkeitsströmung im Auge. *Verhandl., d. Natur. hist. md. Ver. zu Heidelberg*, II, 1.
- Über die Abflusswege der intraokul. Flüssigkeit, *V. Græf's Archiv. f. ophtalm.*, XXV, 2.
- WEISS (Otto). — A propos d'un courant de l'humeur aqueuse. *Archives de Pflüger*, 1906, p. 602 à 612.
- WOLFRING. — Ein Beiträge zur Histologie des Lamnia Cribrosa Scleræ. *V. Græf's Archiv. f. Ophtalm.* XVIII 2.
- ZELLWEGER. — Anatomische und Experimentelle Studien über Zusammenhang von intrakraniellen Affektion, und Schnervenerkrankung. *Inaug. dissert. Zurich.*, 1887.

